



博士（工学）学位論文

情報システム開発における  
生産性及び品質向上に関する研究  
－ テスト工程及び保守工程の場合 －

大宮 望

2013年3月

首都大学東京大学院

# 目次

---

1	序論	1
1.1	研究背景	1
1.2	情報システムの歴史とその生産性及び品質向上の変遷	2
1.2.1	情報システムの利用目的と開発の生産性及び品質向上の変遷	2
1.2.2	要件定義工程	3
1.2.3	設計工程	4
1.2.4	プログラミング工程	4
1.2.5	テスト工程	4
1.2.6	保守工程	6
1.2.7	情報システム開発方法の変遷と本論文の焦点	6
1.3	テスト工程と保守工程における先行研究とその課題	8
1.4	本論文の目的と進め方	11
1.5	企業 A で用いられる用語, 定義及び開発方法について	12
1.5.1	情報システム開発と開発プロジェクトの定義	12
1.5.2	保守プロジェクトとその種類	12
1.5.3	保守工程における増築に関する用語の定義	12
1.5.4	保守工程における問合わせに関する用語の定義	13
1.5.5	提供データの特徴	13
1.6	本論文の構成	15
2	テスト工程の仕様書作成における 設計部品リポジトリ手法の提案	17
2.1	本章における目的と概要	17
2.1.1	本章の目的	17
2.1.2	設計部品とリポジトリを用いた提案手法の概要	17
2.2	設計部品リポジトリ手法	18
2.2.1	設計部品とリポジトリ	18
2.2.2	設計部品リポジトリを用いた新しい手法	19
2.3	設計部品リポジトリを利用した開発支援システム	20

2.3.1	リポジトリに格納する情報とその利用方法 .....	20
2.3.2	設計部品リポジトリを利用した開発支援システム .....	21
2.4	評価 .....	26
2.4.1	統計手法による評価 .....	26
2.4.2	欠陥の発生率による評価 .....	26
2.4.3	DREにおけるテスト効率の評価 .....	28
2.5	本章のまとめと今後の課題 .....	29
2.5.1	本章のまとめ .....	29
2.5.2	今後の課題 .....	29
3	保守工程における 問合わせデータの要因分析 .....	30
3.1	本章における目的と概要 .....	30
3.1.1	本章の目的 .....	30
3.1.2	問合わせの発生要因を明らかにするための考え方の概要 .....	31
3.2	データ分析の前提 .....	32
3.2.1	二つのデータ分析 .....	32
3.2.2	分析時における評価基準 .....	33
3.3	データ分析 .....	34
3.3.1	初期不良期の分析 .....	34
3.3.2	全期間の分析 .....	38
3.3.3	分析結果からのインタビュー .....	38
3.4	問合わせが発生する要因の検討 .....	49
3.4.1	要因の抽出とその考察 .....	49
3.4.2	考察からの提言 .....	51
3.5	本章のまとめと今後の課題 .....	53
3.5.1	本章のまとめ .....	53
3.5.2	今後の課題 .....	53
4	保守工程における増築判断時期と その費用の予測モデルの提案 .....	54
4.1	本章における目的と概要 .....	54
4.1.1	本章の目的 .....	54
4.1.2	増築判断日の推定及び増築規模率における提案モデルの概要 .....	54

4.1.3	情報システム増築時の判断日 .....	55
4.1.4	予定増築規模率の予測モデルの提案 .....	57
4.2	実データによるモデルの検証と情報提供シートの提案 .....	58
4.2.1	企業 A のデータによる推定 .....	58
4.2.2	情報提供シートの提案 .....	61
4.3	本章のまとめと今後の課題 .....	62
4.3.1	本章のまとめ .....	62
4.3.2	今後の課題 .....	62
5	保守工程の保守担当者交代における 判定指標の提案 .....	64
5.1	本章における目的と概要 .....	64
5.1.1	本章の目的 .....	64
5.1.2	保守担当者交代における判定指標の概要 .....	65
5.2	データ分析の実例 .....	66
5.2.1	累積対応件数の傾向分析 .....	66
5.2.2	1日あたりの対応件数の傾向分析 .....	69
5.3	交代可否の判定基準と判定指標の提案 .....	71
5.3.1	交代可否の判定基準の仮定 .....	71
5.3.2	交代可否の判定指標の導出 .....	71
5.3.3	交代可否の判定指標の有用性検証 .....	74
5.4	本章のまとめと今後の課題 .....	76
5.4.1	本章のまとめ .....	76
5.4.2	今後の課題 .....	76
6	結論 .....	78
6.1	結論 .....	78
6.2	今後の課題 .....	79
	参考文献 .....	80
	謝 辞 .....	87

# 1 序論

## 1.1 研究背景

近年の技術の進歩は、個人、企業、公共事業など人々の暮らしを支える多様なシステムを実現してきた。企業では、業務支援システム（以下、情報システム[41]）を用いた活動を行い、それなしでは経営が成り立たない状況にある。調査データによると、企業の売り上げに対する営業利益[8]の割合が平均5パーセントに対して、情報システムへの投資は約1パーセントといわれており、情報システムへの投資が多いことがわかる[32][39]。

しかしながら、情報システムのトラブルは、かつてないほどの影響を社会や個人にも及ぼしている。例えば、不適切な納期設定からの証券取引所のシステム停止や、銀行統合時の管理不足からの混乱が挙げられる[77][78]。また、情報システム開発の現場でも、納品日に間に合わないことや、予算を超過してしまうなどが起きている[40]。これらのことから、情報システム開発における生産性や品質の向上が尚いっそう望まれる。したがって、情報システム開発の生産性及び品質向上に関する研究を進める必要があり、本論文でも、それを中心に論じていく。

次節に、情報システム開発の生産性及び品質向上について、過去の研究に触れ、そこから本論文の焦点を明らかにしていく。

## 1.2 情報システムの歴史とその生産性及び品質向上の変遷

### 1.2.1 情報システムの利用目的と開発の生産性及び品質向上の変遷

本論文では、情報システム開発の生産性と品質について論じる。本論では、生産性が良い[49][85]とはインプット（要員や資源）からアウトプット（開発の完成品である、設計書やソフトウェアなど）を多く出す、と考える。そして、品質が良いとは、設計書やソフトウェアなどが、開発する要員と、利用ユーザが満足する性質と考え、議論を進めていく。

日本の企業が本格的に情報システムの利用を開始したのは、1960年代後半からといわれている。当時企業が情報システムを利用する目的は、EDP（Electronic Data Processing）化と呼ばれた事務処理効率化であった。1970年代に入ると、MIS（Management Information System）と呼ばれる経営管理におけるデータ収集と分析が利用目的となり、1980年代では、SIS（Strategic Information System）と呼ばれる戦略情報立案が利用目的となった。そして、1990年代には、BPR（Business Process Re-Engineering）と呼ばれる業務プロセスの再構築を目的としたシステムに発展した。同様に、ERP[66]（Enterprise Resource Planning package）を代表とするパッケージの導入が頻繁になったのも、この時期である。そして戦略情報立案と業務プロセスの再構築は、現在も利用目的の中心である[39]。

情報システムを利用するには、それを開発する必要がある。そして、開発は、「情報システム部門」が主に中心に行うことが多い。この情報システム開発には、大別すると10個の工程がある（図 1-1）。尚、工程にはソフトウェアが完成するまでの手順がある。例え

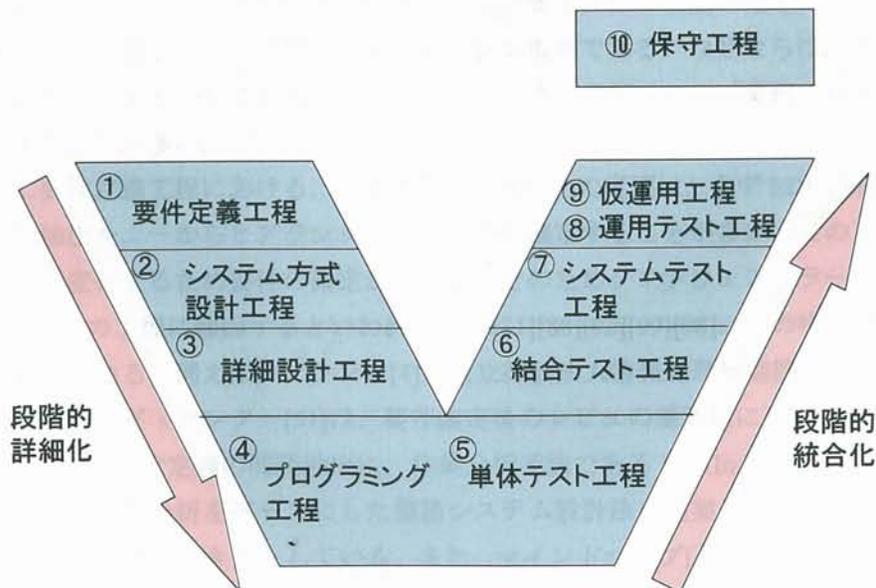


図 1-1 情報システム開発の V 字カーブ

ば、標準的な手順として、ウォーターフォール手順がある[31][48][60]。これは、図 1-1 に示すように、各工程において決まったプロセスに沿って開発を行う。図 1-1 は、V 字カーブとも呼ばれる[31]（保守工程は除く）。ウォーターフォールの利点は、情報システム開発の進捗管理が容易なことである。欠点としては、誤りの修正には、誤りを作りこんだ工程から全てやり直しが必要となり、多くの工数がかかることである。この欠点を補うために、例えばプロトタイプング手順がある[31]。これは簡易な画面や帳票のイメージを用い、後述する要件定義工程と、システム方式設計工程を複数回繰り返すことによって、ユーザの要求をより詳細に把握しながら開発する方法である。次に、スパイラル手順は、要件全体の一部に焦点を当て、ウォーターフォールを用いながら開発する方法である[31]。このプロトタイプとスパイラルのメリットは、より良くユーザの要件を把握できるため、手戻りが少ないことである。欠点は、ユーザの要件が膨らむことにより、際限なくこの手順を繰り返し、開発が進まなくなることである。

次に、情報システム開発における生産性及び品質向上の変遷について、図 1-1 に示した工程順に沿って説明する。

### 1.2.2 要件定義工程

要件定義工程とは、ユーザからの開発依頼に対して、後述する設計工程やプログラミング工程に先立ち情報システムで実現する要件仕様を確定する工程である[70]。ユーザは依頼を、提案依頼書（以下、RFP（Request For Proposal））によって行うことが多い。提案を受けた情報システム部門は、RFP と現状分析から要求仕様を確定することが多い。そして、概算見積からユーザと開発費用の折衝を行い、要求仕様の範囲を確定していく。要求仕様の確定は、情報システム部門とユーザの合意が重要である。なぜならば、その合意によって、費用が決まるからである。そのため、ユーザも理解できる「業務フロー」を用いて合意に至ることが多い。

次に要件定義工程における、生産性及び品質向上の変遷は、まず EDP 当初は、その業務要件の抽出を、一からヒアリングを行い、要件確定することが多い。この工程は、ユーザの要件が変化するため要件の確定が難しく、そのためソフトウェアエラーの発生要因の約 5 割は、この工程に起因するといわれている[31][88][92][99][98]。その中で様々な取り組みが行われている。例えば、アランら[4]、独立行政法人情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター[51]は、要件確定後のレビューの重要性について指摘している。中川ら[55]は要求定義の問題抽出に、作業分析手法である IE（Industrial Engineering）を取り入れた、作業分析をベースにした業務システム設計法を提案している。そこから改善効果が定量的に提示できたとしている。また、マインドマップ[43][53]を利用し、情報システムの目的達成に、必要な要素を抽出し、要件定義に反映させる手法が注目されている[84]。しかし、昨今では、要件定義の作業は、ERP などのパッケージにより、要件に合致した情報システム導入が可能となったため、軽減されている。また、昨今の要件定義手法として、UML（Unified Modeling Language）がある[47]。UML の特徴は、業務やデータをオブジェ

クトとして捉え、分析・設計を行うことと、複雑なシステム開発に対応可能になったことである。

### 1.2.3 設計工程

設計工程とは、要件定義で確定された要求仕様から、プログラムなどのソフトウェアの設計を行う工程である[83]。当工程は二種類あり[37]、その作業概要を以下に述べる。

#### 1) システム方式設計工程

システム方式設計工程とは、要件定義で確定した要求仕様を、ソフトウェア化するために必要な概要の設計を行う工程である。具体的には、業務を行うための画面や出力される帳票と、これらを実現するためのデータベース設計を行う。当工程の呼称は、外部設計工程、基本設計工程などと呼ばれる場合もある。

#### 2) 詳細設計工程

詳細設計工程とは、システム方式設計で作成された設計書から、プログラムの細かいロジックの仕様を確定する工程である。当工程の呼称は、内部設計などと呼ばれる場合もある。

次に、設計工程における、生産性及び品質向上の変遷について述べる。当初プログラミング工程で用いられた手法である構造化手法[54]や部品化手法[1][28]は近年、設計工程に用いられている。この構造化を用いて、トム[54]はDFD (Data Flow Diagram) を提案している。一方、設計工程における代表的なツールに、設計書とプログラムを密接に管理する、CASE[30] (Computer Aided Software Engineering) がある。

### 1.2.4 プログラミング工程

プログラミング工程とは、設計工程で作成された設計書から、プログラムを作成する工程である[2]。

1970年代までは、プログラミング工程を中心に生産性及び品質向上が図られていた[61]。当時は、プログラミングは複雑で、言語の改良、自動化、構造化、部品化などの手法や、データ操作方法により生産性及び品質向上を目指していた[64]。また、言語ではアセンブラからJAVAを代表とするオブジェクト指向言語まで様々な言語が開発された。一方、データ操作では、現在主流のRDB[27] (Relational Data Base) が開発された。これらの技術によって、プログラミング工程の、生産性及び品質向上を得られた。そしてこれが1980年代を迎えると、生産性及び品質向上の中心は、テスト工程などに変遷する[87]。

### 1.2.5 テスト工程

テスト工程とは、作成されたプログラムの試験を行う工程である[2]。テスト工程の特徴は、仕様書の作成にあたり前工程の設計書を利用しないことである。例えば、結合テストでは、図 1-1 に示したV字カーブの対面にあるシステム方式設計と詳細設計の設計書から仕様書を作成する。以下に、当工程における五つの工程の概要について述べる。

#### 1) 単体テスト工程

単体テスト工程とは、プログラムが仕様通りに動作するかの試験工程である。当工程で作成される仕様書は、詳細設計工程の設計書が用いられる。

#### 2) 結合テスト工程

結合テスト工程とは、単体テストを完了したプログラム同士を連続で動作させ、双方のプログラムが正常に動作するかの試験を行う工程である。また、当工程は、組み合わせテスト、ユニットテストなどと呼ばれる場合もある。

#### 3) システムテスト工程

システムテスト工程とは、結合テストが完了したプログラムを、情報システム部門がユーザが利用することを想定した試験を行う工程である。この工程は、情報システム部門が行う最後の試験であり、他のテストとは特徴が異なる。具体的には、システムテストにおける仕様書の作成は、プログラムを意識しない要件定義工程の要求仕様（業務フロー）と、プログラムを意識したシステム方式設計の設計書の両方から作成する必要がある。それは、実際の業務を行う「時間」やそれを行う組織や担当者を指す「サブジェクト」を意識しながら、プログラムの試験を行う必要があるからである。このため、システムテスト工程の仕様書は、業務とプログラムの両方に熟知したメンバが作成する必要がある。このため難易度が高く、テスト工程の作業の中で一番工数が多い[79]。

#### 4) 運用テスト工程

運用テスト工程とは、システムテストを完了したプログラムをユーザが利用し、要求仕様通りであるかを試験する工程である。実施する試験内容は、システムテストと、ほぼ同様な試験である。システムテストと異なる点は、試験内容をユーザ側が決定する点と、試験を行うユーザは、ユーザの代表者（実際に利用するユーザではない）が行う点である。

#### 5) 仮運用工程

仮運用工程とは、実際に情報システムを利用するユーザが情報システム部門と立ち会って試験を行う工程である。また、後述する保守工程との違いは、もしシステムに決定的な欠陥が発見された場合、システムの利用中止を前提としていることである。仮運用を行う必要性は、情報システムの規模が大きい場合や情報システム化の対象業務が重用な場合である。

次に、テスト工程における、生産性及び品質向上の変遷について述べる。その前に、テスト工程を行う目的は年代ごとに変遷している[79]。1970年代には、テスト工程の目的は、プログラムのエラーを発見するものとされていた。このため、テストは、プログラムを意識した命令の誤りの検知や、自動に命令を補完する技術が発展した。しかし、1980年代には、ソフトウェアの品質を測定することに注目が集まり、プログラム単体ではなく、それが実現する業務を耐えうるかを試験することに目的が変化した。2000年代も、1980年代と同様にテストが行われている。しかし、昨今はより当工程の重要性が認識されるようになり、負担が大きくなったといえる。その傾向として、高橋ら[44]は、「ソフトウェアの全コ

ストに占めるテストの割合は41パーセント」と指摘している。そこで、昨今のこの工程の議論は、よりテスト期間を短くすることが多くなされている。まずは、期間の最適化の検討にはじまり、期間の短縮では、様々なテストツール及び手法が開発されている[6][27][80]。プログラムを意識したツールでは、パフォーマンステストツール（プログラムの処理時間を試験）や、ストレステストツール（同一のプログラムに対し、同時に多数の利用者が利用しても問題ないことを試験）などがある。手法では、ブラックボックステスト（プログラムへの入出力のみに注目する手法）やホワイトボックステスト（プログラムの仕様に注目した手法）などがある。

### 1.2.6 保守工程

保守工程とは、完成された情報システムを維持・運用あるいはそれらを改善するための工程と定義されている[68]。保守工程の維持・運用は、これを主業務とした企業内の情報システム部門が担当することが多い[68]。そして、この部門が行う作業は、SLA（Service Level agreement）によって異なる[56][75]。

保守工程における、生産性及び品質向上の変遷について述べる。保守工程は、他の工程と比較すると、生産性及び品質向上に関する研究の歴史が浅い。このため当工程の生産性及び品質向上については、2000年代に入り論じられるようになった。その理由は、当工程は、要件定義や設計などよりも長期であり[31][33][68][82]、コストが多くかかることが明らかになってきたからである[9][63][68][81][86]。例えば、ユーザからの問い合わせ件数は、バスタブ曲線を描き徐々に終息していくといわれている[31][50][71]。また、保守工程の作業を三つに分類する研究も行われている[31]。一つ目は、問い合わせへの対応作業を指す「修正保守」、二つ目は、ソフトウェアの使い勝手を改善する仕様変更や改善要望に対応する作業を指す「改定保守」がある。二つの違いは、有償のケースがあることである。三つ目が、トラブルの発生を未然に予防する作業を指す「予防保守」がある。この作業は、昨今ではコスト削減のため、契約外の場合が多く、トラブルが発生するたびに有償で対応する。

### 1.2.7 情報システム開発方法の変遷と本論文の焦点

1.2.1項で述べたように、事務処理効率化を利用目的とした情報システム開発は、企業の情報システム部門と情報システムベンダ（以下、ベンダ）が協業して行ってきた。当時は、汎用機と呼ばれる、ベンダ固有のものが多かった。この機器は高価であり当時のベンダは、これへの設備投資ができる大企業に限られていた。そして、情報システム部門は、ベンダと協業しながらウォータフォール手順における全ての工程を担っていた。

しかし、業務プロセスの再構築が情報システムの利用目的となる頃から、この開発方法と、情報システム部門の役割は大きく変わっていく。その一つ目は、クライアント・サーバ型（以下、CS型）のシステム開発である。上記の通りベンダは大規模な企業に限られていたが、CS型は設備投資が少なくすむため、大企業以外のベンダも登場するようになった。このため、各工程の作業は、大企業以外のベンダが行うことが多くなった。二つ目の

開発方法は、パッケージの導入である。パッケージとは、ベンダによって予め準備されたソフトウェアである[7]。この特徴は、業務の要件に合わせてパッケージ選定を行うため、要件定義工程、設計工程及びプログラミング工程の負荷が減少したことである。このため、情報システム部門がプログラミングに携わることは、このCS型とパッケージによる導入に伴って激減した。現在も、プログラミングについては、この傾向が強く、ベンダが行う場合が多い。しかし、情報システム部門の作業量に大きな変化がない工程に、テストと保守がある。テスト工程では、パッケージであっても、試験を行う必要があるため、作業量が多い。そして保守工程も同様に、維持・運用の必要があり、作業量が減少することはない。

上述の通り、情報システム開発における課題は現在でも解決されておらず、生産性及び品質向上は尚一層の向上が望まれる。特に、テスト工程及び保守工程は、議論が必要である。

次節では、テスト工程と保守工程に関連する先行研究とその課題について述べる。

### 1.3 テスト工程と保守工程における先行研究とその課題

はじめに、テスト工程では、1.2.5項でも述べたように他の工程よりコストが多くかかるため、様々な研究がなされてきた(表 1-1)。1970年代は、プログラムを中心とした議論が行われ、2000年代に入るとテストの仕様を決めることに注目が集まっている。その一つに、テスト仕様書を自動で生成する研究がある。例えば、小川[26]は、ソフトウェアからテスト仕様を抽出するモデルを開発し、仕様の自動生成が可能であると論じている。さらにテスト仕様を設計書と連動させるために、清水[38]は USDM (Universal Specification description Manner) によって、これを実現している。これらの研究は、まだ現場での利用には不完全との報告もある[3][26][45]が、テスト期間の短縮に貢献している。しかしながら、テスト仕様を検討しそこで作成する仕様書に関する研究はない。例えば、リックら[79]は、「テスト仕様書の作成・変更に必要な労力は相当なものである」としている、しかしながら、テスト仕様書を取り上げた事例はないことから、

課題 1: 作業量が多いテスト仕様書の作成や変更業務が、考慮されていないという点で、不十分である。

次に、保守工程に関する先行研究の議論の遷移は表 1-2 のように行われてきた。2000年代前半に、保守工程における期間の長さや作業に関する研究がなされ、それ以降は、コストへの指摘や、保守工程における評価指標の研究がなされ、現在は、議論される対象の範囲が広がり、保守担当者に関する研究がなされている。

まず、評価指標に関する研究として、問合わせを用いた研究がある[25][31][34][73]。その一つに、問合わせ件数を S 字カーブのロジスティック曲線やコンペルツ曲線で回帰し予測する研究がある[72]。また、ソフトウェアの欠陥と、問合わせと密接な関係を指摘している研究もある[34]。この研究では欠陥の程度を、ユーザへの影響によって分類している。それを「重度レベル」と呼び、欠陥の残存率を、重度レベル別の構成比として表 1-3 の通り定義している。これらの研究は、問合わせの件数の予測を行う点で有効であるが、

表 1-1 テスト工程に関する研究の遷移

議論の中心	具体例	中心的に議論が行われた年代	参考文献
プログラムの文法や命令	・プログラムの文法や命令の誤りの発見	1970年代	[31],[79]
プログラムで実現する業務	・プログラムが実現する業務を耐えうるかを確認	1980年代	[79]
テストの自動化	・パフォーマンスツールによる自動化 ・ストレステストツールによる自動化	1990年代	[3],[27]
テストの期間	・デバッグ状況からのテストの完了の最適時期推定 ・ソフトウェア信頼性モデルから総期待費用の予測	2000年代	[6],[80]
テストのコスト	・開発費用は、約41%がテスト工程	2000年代	[44],[86]
テストの仕様	・ソフトウェアからテスト仕様の抽出 ・設計書とテスト仕様の連動 ・テスト仕様の抽出は未完成 ・テスト仕様書作成は多くの工数が必要	2000年代	[3],[26],[38],[45]

課題 2: 問合わせの件数は、本来開発プロジェクトの特性 (対象となる業務や品質など) に依存することが考えられるが、これによる問合わせ件数の違いについては考慮されていない

という点で、不十分であると考える。

次に、コスト管理を対象にした研究として以下がある。林坂ら[80][81]は、保守サービスを契約しない場合の価格や、保守サービスの契約に対する価格の適切な設定方法を、ソフトウェアの信頼度成長モデルを利用し、ソフトウェア保守サービス契約のモデルを提案し、そのモデルの有効性を確認するために数値例を示している。また、テスト段階と保守工程におけるデバッキングに関わる費用を定式化し、情報システムの総期待コストを最小にするための研究もある[89][98]。これらの研究は、保守工程における総期待コストを予測するには有効であるが、

課題 3: 保守工程で頻繁に発生する、現状の機能への修正や追加などを目的とした「増築 (後述)」に関するコストについては考慮されていない。また、

課題 4: これらの先行研究は、計算が複雑であり実現場での採用を考えた場合、導入が困難である、

という点で、問題点があると考える。

次に、保守担当者に着目した先行研究では、以下がある。保守担当者の交代は、スキルトランスファが非常に難しいとの課題がまずある[89]。それに対して、小林[35]は、テスト工程の仕様書を保守プロジェクトに利用し属人化を解消する方法を提案している[46]。稲田[5]は、該当保守プロジェクトのスキルをナレッジと呼び、このナレッジを必要及び不必要に分類することによって、スキルトランスファの負荷軽減を提案している[74]。これらの研究は、保守担当者を交代した後の作業を軽減するには有効であるが、交代前からの準備の段階への導入はできない。

そのために、

課題 5: 事前に保守担当者の交代を判定できる指標が必要であると考える。

以上、テスト工程と保守工程における先行研究とその課題について述べた。次節では、これらの状況を踏まえて本論文の目的を述べる。

表 1-2 保守工程に関する研究の遷移

議論の中心	具体例	中心的に議論が行われた年代	参考文献
保守の期間	・他工程に比して作業期間が長い	2000年代前半	[31],[33],[68],[82]
保守の作業	・保守工程の作業を三つに分類	2000年代前半	[31]
保守の評価指標	・問合わせ件数はバスタブ曲線を描く ・問合わせをロジスティック曲線で回帰し予測 ・問合わせと欠陥の密接な関係	2000年代後半	[25],[31],[34],[73]
保守のコスト	・他工程に比してコストが多く必要 ・保守サービスの適切な価格設定 ・デバッキングからの保守工程の総期待コスト予測	2000年代後半	[9],[63],[68],[81],[86]
保守の担当者	・スキルトランスファの難しさを指摘 ・スキルトランスファ方法の負荷軽減 (テスト仕様の利用, ナレッジの要不要など)	2000年代後半	[5],[35],[74],[89]

表 1-3 欠陥の重度レベルの定義

欠陥の 重度レ ベル	欠陥の重度レベルの内容	構成比	累計	欠陥への対応スピード
1	利用不能となる欠陥	2%	100%	業務停止してしまうため、即時対応が必要な欠陥
2	主要機能の欠陥	12%	98%	業務停止してしまうため、即時対応が必要な欠陥
3	軽微な欠陥	50%	86%	直ぐに対応する必要がない欠陥
4	処理に影響を与えない欠陥	36%	36%	対応が不要な欠陥

## 1.4 本論文の目的と進め方

1.3 節で述べた先行研究と課題を踏まえ、本論文では、テスト工程と保守工程に注目し、1) 開発現場からのデータを分析し、2) その結果を基に新たな業務支援手法の提案を行い、情報システム開発における生産性及び品質の向上に寄与することを目的とする。

そのために、新たな手法やモデルの有効性を、実際の開発現場からのデータ提供を受け、数値例を示すことと、ツール化しこれを利用することによって検証する。

ここで本論文では、より現実的に議論を行うために、製造業の情報システム部門（以下、企業 A）から提供されたデータを用いる。また、実際の開発現場に、本論文で議論した結果の適用を行う。次節では、企業 A で、用いられる用語や定義を明らかにする。

## 1.5 企業 A で用いられる用語、定義及び開発方法について

### 1.5.1 情報システム開発と開発プロジェクトの定義

企業 A において情報システムが支援する業務は、財務管理や生産管理及び販売管理などがある。この開発は、これらの業務を実際に行っている部署や、担当者からシステム開発依頼を受けて行われる。開発は、情報システム部門が主体となり、システムを設計するシステムエンジニア（以下、SE）やプログラミングを行うプログラマ（以下、PG）がベンダと協業して行う[7]。このため、開発依頼 1 単位を「開発プロジェクト」と呼んでいる。また、情報システムの開発依頼元である部署や、担当を「ユーザ」と呼んでいる。

### 1.5.2 保守プロジェクトとその種類

保守プロジェクトとは、保守工程を維持・運用する組織である。保守プロジェクトは、上述の開発プロジェクトが終了した時点から組織化される。この組織を、企業 A では保守プロジェクトと呼んでいる。その理由は、保守工程の組織はプロジェクト化が必要であるといわれているからである[36][65][68]。保守プロジェクトのメンバは、保守担当者と呼ばれ、主な作業は、修正保守である。そしてこの保守担当者となるメンバは、開発プロジェクト解散後にベンダは自社へ戻るため、開発プロジェクトに参画した情報システム部門の SE が担当する[68]。

企業 A は、様々な特徴を持った複数の保守プロジェクトを維持・運用している。そして、その保守プロジェクトを、以下のように呼んでいる。

- 1) 非交代プロジェクト：開発プロジェクトを担当した SE が保守担当者を行っているものを指す。
- 2) 交代プロジェクト：開発プロジェクトを担当した SE から後任者へ保守担当者が交代を行っているものを指す。企業 A の保守プロジェクトは、最終的に交代プロジェクトへ移行する。
- 3) 納期末達保守プロジェクト：開発プロジェクトが保守開始予定日までに完了せずに、予定日以降に保守工程が開始されたものを指す。この保守プロジェクトの特徴は、納期に間に合わなかったため、間合わせが多い。
- 4) 納期達成保守プロジェクト：開発プロジェクトが保守開始予定日通りに完了し、保守工程が開始されたものを指す。この保守プロジェクトの特徴は、間合わせが少ない。

### 1.5.3 保守工程における増築に関する用語の定義

企業 A では、保守工程の中で、機能の修正及び追加を有償で行う。これらの作業を情報システムの「増築」と定義している。また、これにかかる費用を「増築費用」と定義している。これは、増築に関する要件を開発するにあたり、必要な影響調査、その後の開発、テストに関わる人件費や諸経費まで含んだ合計金額である。次に、「情報システムの規模累

積率」とは、初期費用と既存増築費用の合計した額に対する増築費用の比率である。

#### 1.5.4 保守工程における問合わせに関する用語の定義

企業 A では、ユーザが情報システムの運用を通じて遭遇するソフトウェアの欠陥や、データ処理エラーなどを発見し、情報システム部門に「質問」をすることを「問合わせ」と定義している。そして、問合わせを定量的に管理する指標として、問合わせの件数を「対応件数」と定義し、この問合わせに対する回答までにかかった時間を「対応時間」と定義している。補足として、対応時間は、実際に作業に従事した時間であり、昼休み等の作業を行っていない時間は除外されている。また、「問合わせの発生頻度」を、保守期間中のユーザからの問合わせ回数をその期間で除算した値と定義している。

この問合わせが発生すると、表 1-4 に示す「問合わせ管理シート」を記載する。これは、年月日ごとのユーザからの問合わせに関して、その内容と回答、そして増築による予測工数や概算規模、そして増築が決定したならばその日時と納品予定日などから構成されている。また、「問合わせ管理シート」に記載された情報は、問合わせが発生都度データベースへ格納し管理されている。尚、データベース格納時に、対応時間は 0.5 時間ごとに切り上げ格納されている。

次に、問合わせの対応時間に対する目標水準の定義について述べる。企業 A では、問合わせに対する回答までの対応時間が、午前中の業務時間である 3 時間（9 時から 12 時）を超えた場合、ユーザの満足を得られないと考えている。そこで、3 時間を目標とし、以下に記す二つの水準を定義している。一つ目は、対応時間が 3 時間以下の問合わせを「第一水準」と定義している。二つ目には、対応時間が 3 時間を超える問合わせを、「第二水準」と定義している。

#### 1.5.5 提供データの特徴

企業 A より提供されたデータは、以下の特徴を持ったデータである。本データは、企業 A の公開可能範囲において、特徴の類似したシステムのデータを対象としている。その詳細を、以下に説明する。

##### 1) 業務の特徴

- ・対象業務は、生産管理系、事務処理系、販売管理系、原価計算系である。
- ・システムは、財務会計、管理会計の決算処理と連動が必要であり、月初、月末に、データの集約作業を行う月次の業務サイクルである。

##### 2) 開発時の特徴

- ・パッケージではなく、手作りにより開発されたシステムである。
- ・同一の情報システム部門により開発されたシステムである。
- ・開発担当者は、開発経験 5 年から 7 年のメンバである。
- ・開発言語は、Visual Basic を用い、ウオータフォール手順を用いている。

##### 3) 保守時の特徴

- ・同一の情報システム部門により保守されている現在運営中のシステムである。
- ・保守担当者は経験年数が5年から7年の保守担当者が1名で担当。
- ・問い合わせの受付時間は、9：00-17：25（午前の受付時間3時間、午後の受付時間4時間25分）である。
- ・ユーザにシステムを開放している時間は、8時間の場合と24時間があり、利用者は、10人から30人である。

表 1-4 問い合わせ管理シートの項目・内容

管理項目	内容
管理番号	番号
問い合わせ日時	mm/dd/yy
工程	対応箇所
対応区分	調査/修正
状況	対応中/対応完了
作業区分	調査/修正
作業者	
対応者	
工数 (h)	時間
問い合わせ内容	
回答内容	
原因	
規模概算	パーセント
増築決定日	mm/dd/yy
納品予定日	mm/dd/yy
承認者	

## 1.6 本論文の構成

本論文は全6章で構成されている。

1章では、現在企業が抱えている課題、特に情報システムにおける生産性及び品質向上の必要性を論じている。そして、その情報システム開発の生産性及び品質向上に関する先行研究を吟味し、本論文の目的を明確にした。

2章では、テスト工程における、設計部品とリポジトリを用いた新たなテスト仕様書作成手法の提案を行っている。仕様書の作成・修正に多くの工数がかかっていたテスト工程において、仕様書で煩雑に使用される単語や文章を設計部品と位置付け、リポジトリに設計部品、仕様書と設計部品のマッピング情報などを保存し、その情報を利用することにより、テスト仕様書の作成・修正の自動化手法の提案を行った。そして、実運用において、提案方法の有効性を示した。

3章では、エンドユーザからの問い合わせに注目し、システムを開発したプロジェクト及びそのシステムを保守するプロジェクトの特徴と、問い合わせデータ（対応件数、内容）の関係を明らかにしている。本来、システム仕様やシステムの操作方法などの問い合わせ内容や対応件数は、開発プロジェクトやユーザの特徴などによって左右されることが考えられる。本章では、ソフトウェアの品質、情報システム部門のスタッフとユーザの習熟度、プロジェクトの複雑さや環境変化及びシステムの利用頻度によって、累積問い合わせ件数曲線が分類できることを示した。

4章では、保守工程において、ソフトウェアの機能の修正及び追加を有償で行うことを指す「増築」を判断する時期と、その費用を予測するモデルを提案している。エンドユーザの予算確保のため、保守プロジェクトの管理者にとっても人員計画や設備計画のために、増築の時期や費用の予測は重要である。本章では、3章で得た累積問合せ件数曲線の分析結果を基に、実データ分析により増築時期の推定、決定木を用いて費用を予測するモデルを提案し、そのモデルによって増築の時期とその費用が予測可能であることを示した。

5章では、保守工程における人員計画について考察している。一般的に保守工程の初期においては能力の高い人員が配置されているが、プロジェクトの収束、新規プロジェクト立ち上げや属人化回避のために、能力の高い人員を他のプロジェクトに移動または新人の人員への交代を行うことがある。本章では、3章で得た累積問合せ件数曲線の分析結果を基に、担当者を交代する時期を判定する指標の提案を行っている。そして、実データによる評価を行い、提案した判定指標が有効であることを示した。

6章では、本論文における結論と今後の課題を記した。

図 1-2 に本論文の構成を示す。

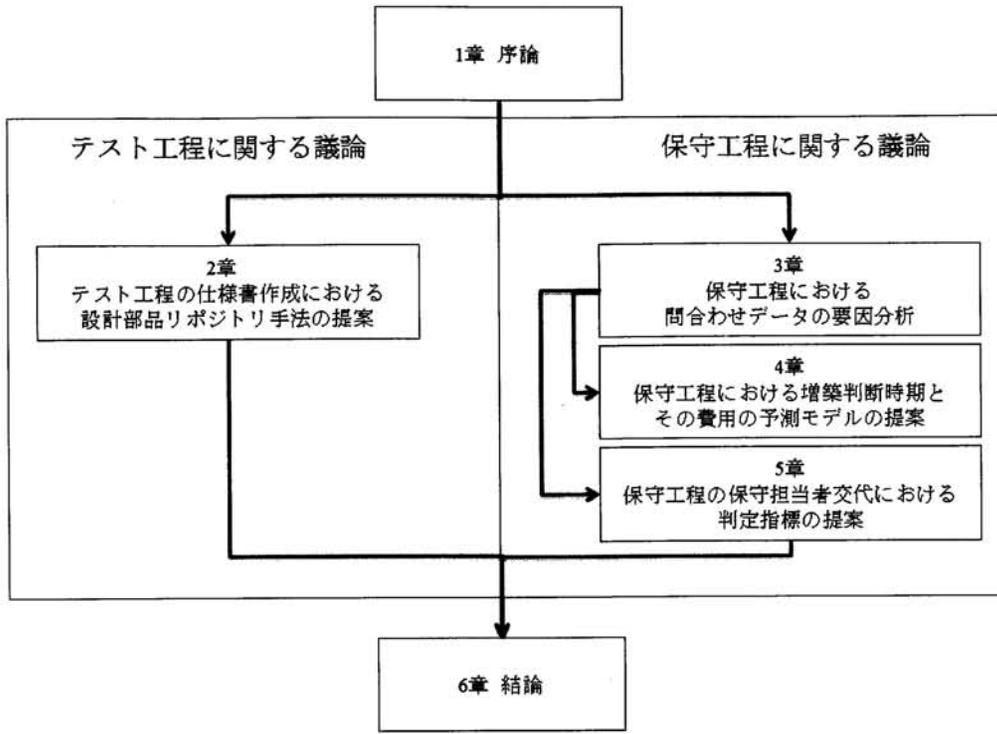


図 1-2 本論文の構成

## 2 テスト工程の仕様書作成における 設計部品リポジトリ手法の提案

### 2.1 本章における目的と概要

#### 2.1.1 本章の目的

前章では、情報システム開発の生産性及び品質向上に関する先行研究を紹介し、本論文の目的を明確にした。次に、本章では、テスト工程に注目し議論を行う。1.3節で述べたように先行研究では、作業量が多いテスト仕様書の作成や変更業務が、考慮されていない。そこで、本章では、テスト仕様書で頻繁に使用される単語や文章を設計部品と位置付け、設計部品、仕様書と設計部品のマッピング情報などをリポジトリに保存し、その情報を利用することにより、テスト仕様書の自動化作成手法の提案を行った[18][19][20][21][96]。そして、実運用において提案手法の有効性を示した。

#### 2.1.2 設計部品とリポジトリを用いた提案手法の概要

本論文の議論の対象は、情報システム部門において、システムテスト工程のテスト仕様書を作成する作業である。まず、本章で取り上げる仕様書とは、二種類あり、テストにおいて実施する機能の実行順や、入力するデータを特定し、これを確認する仕様書と、テストを行う担当者が利用するものである。この仕様書を作成するタイミング（ウォータフォール手順の場合）は、単体テストや、結合テストの実施中に同時並行で作成され、作業で用いるツールは、ワープロツールを用いて作成することが多い。そして、作成された仕様書は、必要があれば修正を行う。しかしながら、この二つの仕様書は、作成・修正時に密接に関連する設計部品があり、現状のワープロツールで仕様書を作成した場合、修正に多くの工数が必要となっていた。このような課題は、設計工程に部品を用いた先行研究の手法と類似していた[22][23][24][92][97]。このため、設計工程と同様に部品を用いた手法の適用を考えたが、テスト工程には設計工程と異なる概念が必要となりできなかった。そこで、二つの仕様書の分析から必要となる概念を特定し、これを部品に組み込んだ新たな仕様書作成手法を提案する。

## 2.2 設計部品リポジトリ手法

### 2.2.1 設計部品とリポジトリ

はじめに、本論文で用いる「設計部品」について説明する。本論文では、前工程で作成された設計書や仕様書から後工程（同一工程も含む）で作成されるものに共通で利用される、単語や文章を、「設計部品」と定義している[22][23][24][92][97]。例えば、設計工程の設計書に「A機能は、データを追加する」と記載され、テスト工程の仕様書には「A機能に数値を入力し、結果Bを得られるか確認する」と記載されている場合、文章内の「A機能」の単語が設計部品である。このような設計部品は、単語や文章が最初に記載された工程から複数の仕様書に利用される。

次に、本論文で用いる「リポジトリ」について説明する。情報システム開発で用いられるリポジトリとは、ソフトウェアに関するファイルを保存するエリアと定義されている[62]。本論文ではこのリポジトリを、前項で述べた設計部品と下記する設計部品を利用するために用いられる情報を格納するエリアと定義する。

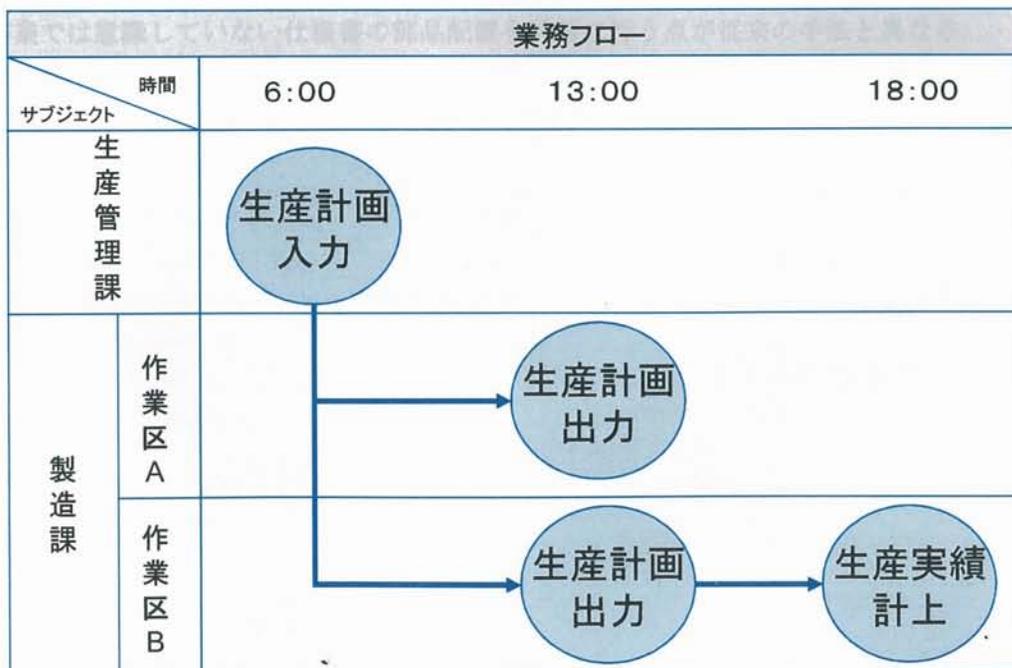


図 2-1 サブジェクトと時間で示される業務フロー

### 2.2.2 設計部品リポジトリを用いた新しい手法

本項では、本論文で提案する設計部品リポジトリ手法について述べる。本論文では、上述した「設計部品」に二つのテスト仕様書の作成で必要となる、「サブジェクト」と「時間」の概念を導入することによって、次のように手法を提案する。その前に、「サブジェクト」、「時間」及び仕様書の関係について補足を行う。「サブジェクト」と「時間」の概念は、1.2.5節で述べたように、システムテスト工程で必要になる。それは、実施するテストに、ソフトウェアの機能に加えて業務を行うタイミングである「時間」と組織や個人及び企業である「サブジェクト」を意識したテストを行う必要があるからである。そのため、仕様書は、業務フロー（図 2-1）の「サブジェクト」と「時間」から作成を行う。例えば図 2-1 でいえば、生産計画入力を、6時に生産管理課が行うことを想定した仕様書を作成する。この「サブジェクト」と「時間」は、仕様書に記載する文字や文章の位置に密接に関連し、かつ二つの仕様書に影響し合う特性がある。

そこで、提案手法によって、「設計部品」に、「サブジェクト」と「時間」の概念を導入した。それは、設計部品に、仕様書の枠組みとマッピングする情報の関連付けを行い、リポジトリに格納することによって、「サブジェクト」と「時間」の代替とするものである。この手法によって、設計部品を一回配置する作業によって、二つの仕様書を作成、修正可能とした。これが設計部品リポジトリ手法である。具体的には、設計部品を配置した位置によって、リポジトリの仕様書の枠組みとマッピングする情報から、設計部品を配置する作業では意識していない仕様書の部品配置を同時に行う点が従来の手法と異なる。

## 2.3 設計部品リポジトリを利用した開発支援システム

### 2.3.1 リポジトリに格納する情報とその利用方法

本項では、リポジトリに格納し利用する設計部品に、本手法で関連付けた三つの情報について説明する。図 2-2 の左端にあるカテゴリ情報によって分類された設計部品は、テスト仕様書フォーマット情報（仕様書の枠組みの情報）とマッピング情報によって関連付けられている。以下に、三つの情報の利用方法を説明する。

#### 1) マッピング情報

マッピング情報は、設計部品を仕様書に配置する情報である。この情報を利用し、図 2-2 の点線で示すように、①の設計部品を「テスト仕様書 1」の上段に配置することによって、自動的に「テスト仕様書 2」に①の設計部品を配置する位置（左端）を特定可能とすることに用いられる。

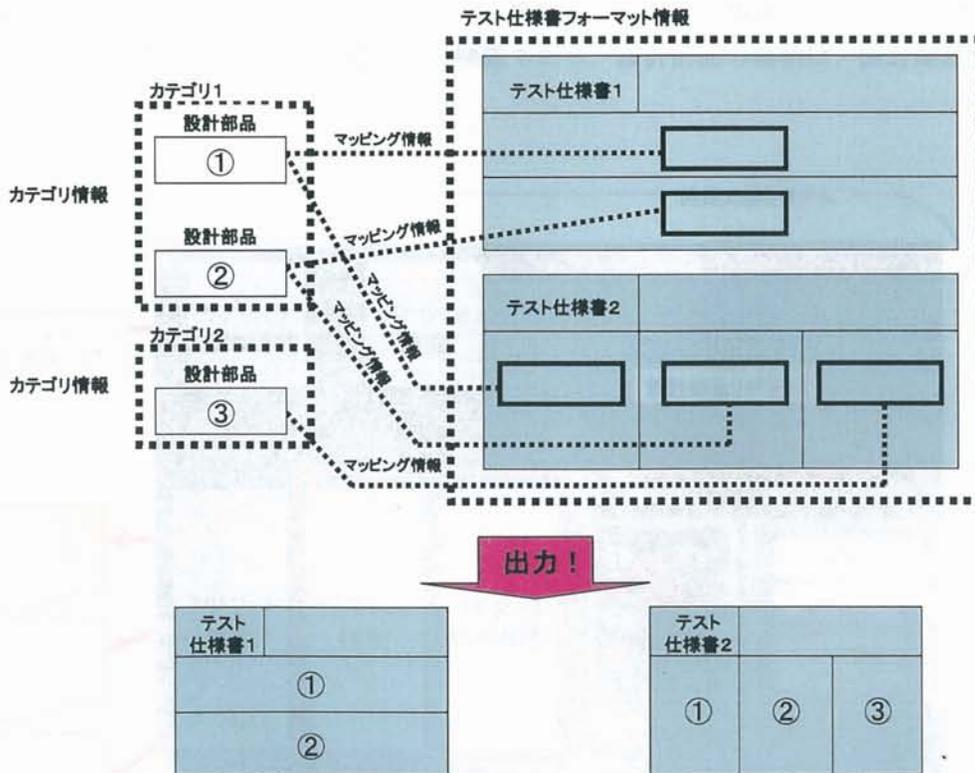


図 2-2 リポジトリのイメージ

## 2) テスト仕様書フォーマット情報

テスト仕様書フォーマット情報は、仕様書の枠組み情報のことである。この情報は、仕様書をアウトプットするときに、上述のマッピング情報と組み合わせて利用される。この情報は予めリポジトリに登録され、出力時（図 2-2）に用いられる。

## 3) カテゴリ情報

カテゴリ情報は、設計部品を分類する情報のことである。設計部品は、図 2-2 に示すようにカテゴリ 1 やカテゴリ 2 など様々な種類が存在している。このため当情報は、リポジトリに登録されている設計部品を配置する際に、設計部品を取り出すキーワードとして用いる。

### 2.3.2 設計部品リポジトリを利用した開発支援システム

本項では、新たな手法である設計部品リポジトリを用いた開発支援システムについて説明する。開発支援システムのイメージを図 2-3 に示す。このシステムでは、リポジトリに格納された設計部品とその情報を利用するために、以下に記す五つの機能を備える。

#### 機能 1：リポジトリ格納機能

リポジトリ格納機能は、設計部品、カテゴリ情報、マッピング情報及びテスト仕様書フォーマット情報をリポジトリに格納する機能である。設計部品の格納は、設計部品登録

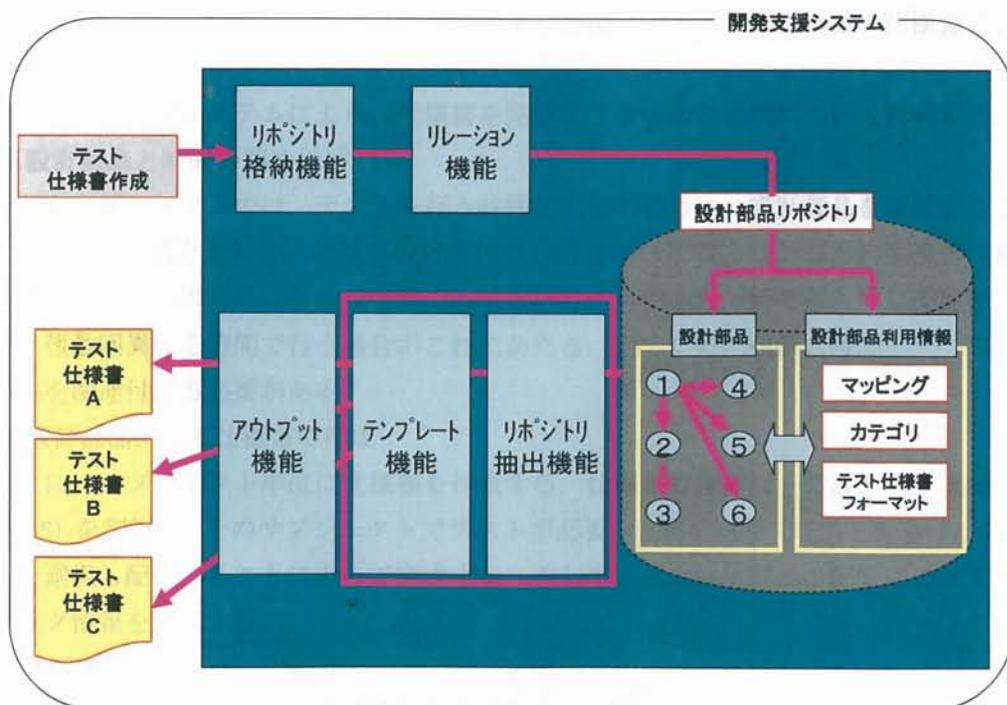


図 2-3 開発支援システム

時にリポジトリ格納機能が起動され行われる。同時に、設計部品のカテゴリ情報もリポジトリに格納する。

#### 機能2：テンプレート機能

テンプレート機能は、マッピング情報と、テスト仕様書フォーマット情報を利用し、仕様書上に設計部品を自動的に配置する機能である。この機能では、仕様書に一つの部品を配置することによって、その部品にマッピングされている、もう一つの仕様書に自動的に部品を配置する。

#### 機能3：アウトプット機能

アウトプット機能は、リポジトリに格納されているマッピング情報とテスト仕様書フォーマット情報から、仕様書を成型しアウトプットする。開発支援システム利用者の印字指示により起動され、リポジトリからマッピング情報とテスト仕様書フォーマット情報を組み合わせ、仕様書をアウトプットする。

#### 機能4：リポジトリ抽出機能

リポジトリ抽出機能は、カテゴリ情報をキーワードに設計部品やこれを利用するために用いられる情報をリポジトリから抽出する機能である。この機能は、仕様書修正時とアウトプット時に利用される。例えば、仕様書の修正を行う場合、対象仕様書をリポジトリから抽出する。また、仕様書をアウトプットするときは、印字指示された仕様書の成型に必要な情報をリポジトリから抽出し提供する。

#### 機能5：リレーション機能

リレーション機能は、設計部品に変更が生じた場合、変更結果を複数の仕様書に自動反映する機能である。

次に、開発支援システムにより、仕様書を完成する具体的な手順について説明する。

##### 1) 設計部品と時間の関連付け

開発支援システムでは、テストを行う時間と同義の番号に、設計部品を配置することによって、時間と設計部品の関連付けを行う(図 2-4)。時間と設計部品の関連付けを行う理由は、一つの部品は複数の時間で利用されるからである。例えば、同じ業務を、一日に複数回異なる時間で行う場合がこれにあたる。このため、複数の時間と一つの設計部品を関連付ける必要がある。

##### 2) 設計部品による仕様書の作成

次に、サブジェクト単位に仕様書を作成する。仕様書の作成は、設計部品配置画面(図 2-5)を利用し、そのサブジェクトでテストが必要な、設計部品(時間と関連付けられた)を選択し配置することによって完成する。そして、この設計部品の配置によってマッピング情報を生成する。

##### 3) 仕様書の印字

2)で生成されたマッピング情報から、リポジトリ抽出機能、テンプレート機能及びアウトプット機能を経由して、仕様書を印字する。印字された仕様書のイメージを図 2-6 及び図 2-7 に示す。図 2-6 及び図 2-7 の詳細説明を以下に記す。

a) 図 2-6 は、「作業区 A」で実施するテスト内容を時間順に印字した仕様書である（サブジェクトを中心とした仕様書）。この仕様書では、「作業区 A」で実施するテストは、6回のタイミングでテストが行われることを表している。

b) 図 2-7 は、時間「100」（図 2-4 の例であれば時間 100 は、10/7 8:00 を表す）に行うテスト内容の仕様書である（時間を中心とした仕様書）。「100」に行うテストは、作業区 B, A, C の3箇所のサブジェクトが機能 1（図 2-6 の 100 機能 1 の n 月初-調達オーダーをバッチで受取）のテストを行うことを表している。

上述の通り、開発支援システムでは、2)で実施した一回の設計部品による仕様書作成によって、単に一つの仕様書に部品を配置する作業により、もう一つの仕様書が完成することができるようになった。また、部品配置の修正についても、一回の部品配置作業によって可能となり、仕様書を修正する工数の抑制が可能となった。

図 2-4 設計部品と時間の関連付け画面

研究用テストロット			
100	0	機能1	n月初-調達オーダーをバッチで受ける
200	0	機能2	受けたオーダーに手戻をつける
300	0	機能3	日程展開する。
400	0	機能4	生産実績が計上される
500	0	機能5	梱包実績が計上される
600	0	機能5	異種集計を実施する
700	0	機能1	n+1月初-調達オーダーをバッチで受ける

機能1  
機能2  
機能3  
機能4  
機能5  
機能6

設計部品を選択し  
時間との関連付け

テスト実行時間と  
同義の番号  
例:100=10/7 8:00時  
700=11/7 8:00時

図 2-4 設計部品と時間の関連付け画面

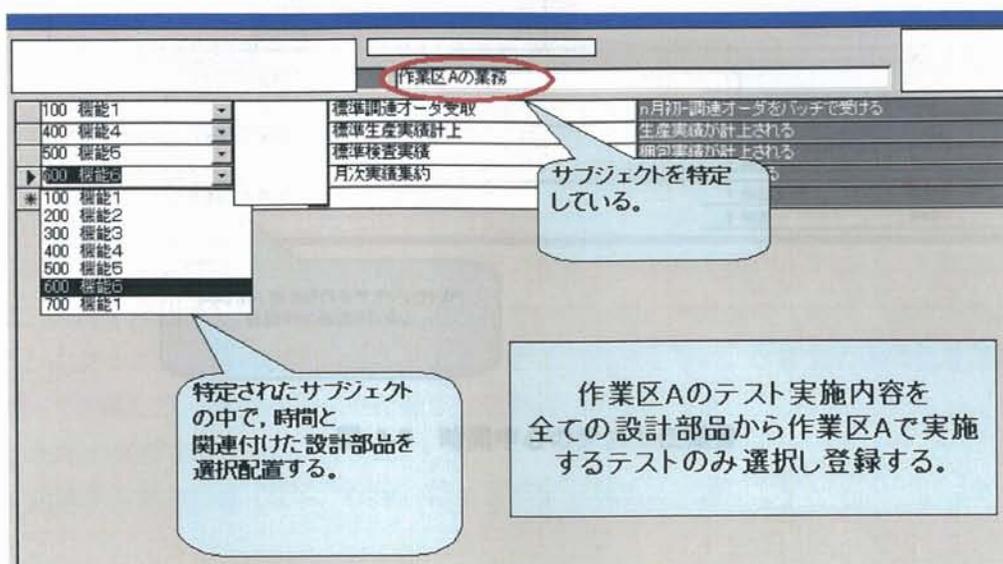


図 2-5 設計部品配置画面

研究用テストロット		作業区Aの業務
行順	注釈	
1	100 機能1 n 月初-調達オーダーをバッチで受ける	標準調達オーダー受取
2	200 機能2 受けたオーダーに手順をつける	特殊品用-工程手順書
3	300 機能3 日程展開する。	標準工程展開
4	400 機能4 生産実績が計上される	標準生産実績計上
5	500 機能5 梱包実績が計上される	標準検査実績
6	600 機能6 実績集計を実施する	月次実績集約

サブジェクト中心の成果物

作業区Aで実施するテスト内容が時系列に印字される

図 2-6 サブジェクト中心のテスト仕様書

研究用テストロット				100
テスト概要	業務プロセス	商品コード	投入デ	
作業区Bの業務	1	時間中心の成果物	A	
	3			
作業区Aの業務	1			
	3 数量		5	
作業区Cの業務	1 商品コード		CCCC	
	3 数量		9000	

同時刻に実施されるサブジェクトが自動的に抽出される。

図 2-7 時間中心のテスト仕様書

## 2.4 評価

### 2.4.1 統計手法による評価

この手法を、開発現場の開発プロジェクトに試用した評価として、開発支援システムを使用した場合と未使用の場合の生産性及び品質の評価を行った。評価に用いるデータは、テスト工程において発生した欠陥と保守工程で発生した問い合わせの対応件数（問い合わせの中から欠陥のみを抽出）を用いる。本論文で提案する開発支援システムは、仕様書の実現性、品質を保証するものの一つと位置づけているため、仕様書の実現性、品質が向上することによって、欠陥に反映すると考える。そこで欠陥を用い、仕様書の実現性及び品質について評価した。評価は、以下に記す二種類について行った。

- 1) 欠陥の発生率の比較
- 2) 欠陥除去効率[34]（以下、DRE）によるテスト効率の比較

### 2.4.2 欠陥の発生率による評価

開発支援システムをテスト工程に試用し、その評価を行った（使用は三プロジェクト、未使用は四プロジェクト）。本論文における欠陥の発生率の比較は、開発支援システムをシステムテスト工程に適用したため、この工程以降に影響を与えると考える。以下に記す三つの工程について評価する。尚、欠陥の発生率は、単体テスト工程から保守工程までの、五つの工程全体の欠陥数に対する各工程の欠陥数の割合として定義する。

- 1) システムテスト
- 2) 仮運用
- 3) 保守

まず、表 2-1 に欠陥の発生率を示す。表 2-1 の、プロジェクト ID は、プロジェクトの

表 2-1 欠陥の発生率

プロジェクトID	単体テスト	結合テスト	システムテスト工程		仮運用工程		保守工程	
			使用	未使用	使用	未使用	使用	未使用
A01		39%	37%		7%		17%	
A02	45%		47%				8%	
A03	32%		52%		10%		6%	
B01	20%			40%		11%		29%
B02	23%			49%		3%		25%
B03		10%		18%				72%
B04		14%		3%		5%		78%
平均	30%	21%	45%	27%	8%	6%	10%	51%
標準偏差	11%	16%	8%	21%	2%	4%	6%	28%

表 2-2 欠陥の発生率における差の比較

測定項目	システムテスト工程		仮運用工程		保守工程	
	使用	未使用	使用	未使用	使用	未使用
平均	45%	27%	8%	6%	10%	51%
平均値の標準誤差	8%	21%	2%	4%	6%	28%
自由度	5.00		3.00		3.35	
t	1.38		0.66		-2.84	
P値	0.11		0.28		0.03	
判定					*	

※判定の凡例＝無印:有意差なし, \*:5% 有意

表 2-3 テスト工程全体の DRE

プロジェクトID	DRE	
	使用	未使用
A01	83%	
A02	92%	
A03	94%	
B01		71%
B02		75%
B03		18%
B04		22%
平均	89%	46%
標準偏差	5%	27%

識別を表す (1.5.5 項で述べた特徴を持つプロジェクトが対象)。尚, ID の先頭一文字目の A は使用プロジェクトを表し, B は未使用プロジェクトを表す。単体テストから保守工程には各工程の発生率を示す。尚, システムで提供する機能の業務の分類として, A01 及び B01 は販売管理系であり, その他のプロジェクトは事務処理系である。

そして, 評価は, 発生率を用いて開発支援システム使用プロジェクトと未使用プロジェクトの差の比較を行った。その結果を, SPSS17.0J を使用し「独立したサンプルの t 検定」(片側検定, 平均値の差の検定), を用いて検定を行った (表 2-2)。本結果より, 保守工程において有意水準 5 パーセントで有意差が認められた (保守工程のみ, 等分散が仮定できないと判断し Welch の検定を行った)。今回の評価対象としたプロジェクトからは, 開発支援システムを使用した場合, 有効であるという結果となった。

### 2.4.3 DRE におけるテスト効率の評価

DRE (Defect Removal Efficiency) とは、ソフトウェアの品質分析で用いる手法である。DRE は、開発中の欠陥件数と開発後に発生した欠陥件数の合計に対する、各テスト工程で見つけることができた欠陥の割合のことであり、テスト全体でどれだけ欠陥を見つけることができたかを示したものである。DRE は、以下の式で示される。

$$DRE = \frac{m}{m+h} \quad (2-1)$$

上式において、 $m$  は開発期間内（開発開始から仮運用まで）に発見された欠陥件数であり、 $h$  は発見されなかった（保守プロジェクトで発見された）欠陥件数である。尚、本論文では、テスト全体の DRE を算出する。評価は、DRE を用いて開発支援システム使用プロジェクトと未使用プロジェクトの差の比較により実施した。各プロジェクトの DRE を表 2-3 に示す。また、その結果を、SPSS17.0J を使用し「独立したサンプルの t 検定」（片側検定、平均値の差の検定）を用いて検定を行った（表 2-4）。本結果より、DRE にて有意水準 5 パーセントで有意差が認められた（等分散が仮定できないと判断し Welch の検定を行った）。今回の評価対象とした、プロジェクトの DRE の比較からは、開発支援システムを使用した場合、有効であるという結果となった。

表 2-4 テスト工程全体の DRE における差の比較

測定項目	DRE	
	使用	未使用
平均	89%	46%
平均値の標準誤差	3%	15%
自由度	3.28	
t	2.74	
P値	0.03	
判定	*	

※判定の凡例＝無印：有意差なし，\*：5% 有意

## 2.5 本章のまとめと今後の課題

### 2.5.1 本章のまとめ

本章では、情報システムのテスト工程における仕様書の作成手法に注目し、新たな手法を提案した。そして、この手法を組み込んだ開発支援システムを構築し、それを評価した。この評価から、新たな手法を用いることによって、生産性及び品質向上の効果がある傾向を示すことができた。

具体的には、評価の通りテスト工程に本手法を用いたことによって、より良く欠陥を発見することが出来るようになり、後工程である保守工程において、欠陥の発生が抑制されシステムの品質が向上したと考える。これに加えて、本研究に対する企業 A からの好意的な下記のコメントがある。

- 1) テスト仕様書の作成及び修正についての工数が減少した。
- 2) 修正は、一箇所の修正によって、もう一つの仕様書が同時に修正でき便利である、という意見があった。これらは、テスト工程の仕様書作成・修正における生産性が向上した結果と考える。

尚、本章の結果が適用できる範囲としては、1.5.5 項で述べた特徴を持つシステムであり、特に販売管理系及び事務処理系のシステムであれば適用できるのではないかと考える。

### 2.5.2 今後の課題

今後の課題として、以下が挙げられる。

- 1) 企業 A からのコメント
  - a) 開発支援システムの操作方法が独特であり、慣れるのに時間がかかる。
  - b) 開発支援システムの概念を理解できないと、この効果を得ることができない。
  - c) 設計部品を抽出することが難しい。
- 2) 本研究における課題
  - a) より上流工程から設計部品を抽出する検討  
本研究では設計部品の抽出を、テスト工程で行うことを前提としている。しかし、本来、より上流工程で行うことが望ましく、検討する必要がある。
  - b) 実施テスト工程の違いに対する評価方法の検討  
評価を行ったプロジェクトは、実施したテスト工程が異なるプロジェクトがあり、これを考慮した評価方法の検討を行う必要がある。
  - c) 設計部品の複数プロジェクトの共有  
本研究では、抽出した設計部品を該当プロジェクトのみに利用することを想定している。しかし、複数のプロジェクトで共有できる設計部品もあり、これを可能にすることを検討する必要がある、  
などがあり、これは今後の課題である。

## 3 保守工程における 問合わせデータの要因分析

### 3.1 本章における目的と概要

#### 3.1.1 本章の目的

前章では、テスト工程の仕様書の作成・修正に着目した、設計部品リポジトリ手法について論じた。次に、本章からは保守工程について議論を行う。本章では、ユーザからの問合わせに注目し、システムを開発したプロジェクト及びそのシステムを保守するプロジェクトの特徴と、問合わせデータ(対応件数、内容)の関係を明らかにする。問合わせの内容や対応件数は、保守プロジェクトの管理者にとって人員や設備の計画立案のために重要となる。この問合わせは、システム仕様やシステムの操作方法などに対する問合わせ内容やその対応件数は、開発プロジェクトやユーザの特徴等によって左右されることが考えられる。本章では、対応件数と内容の関係に影響を与える要因が、ソフトウェアの品質、情報システム開発部門のスタッフとユーザの習熟度、プロジェクトの複雑さやプロジェクトの環境変化及びシステムの利用頻度であることを明らかにし、さらに要因別に問合わせ件数曲線の特徴を示す[10][11][12][94][95]。また、現場での利用促進のため「問合わせ発生要因一覧シート」を作成し、そのシートの利用により問合わせの内容や件数が予測可能であることを示す。

表 3-1 分析対象データ

保守プロジェクトID	対象システム分類	納期	総投資規模順位	総投資規模比率	PJの対応件数	PJの対応時間	データ収集期間	ユーザのシステム導入経験	利用時間	利用者数
A01	生産管理系	達成	2	0.556	483	710.5	1435日	あり	24時間	10人
A02	生産管理系	達成	11	0.152	364	452.5	779日	あり	24時間	10人
A03	生産管理系	達成	5	0.397	211	506	1409日	あり	24時間	20人
A04	事務処理系	達成	6	0.346	402	331.5	1493日	あり	8時間	30人
A05	生産管理系	達成	8	0.220	77	126.5	1395日	あり	24時間	20人
A06	販売管理系	達成	1	1.000	318	952	634日	あり	24時間	10人
A07	生産管理系	達成	7	0.264	356	558	359日	あり	24時間	20人
A08	生産管理系	達成	9	0.203	229	407	380日	あり	24時間	20人
A09	生産管理系	達成	10	0.187	183	449	365日	なし	24時間	20人
B01	事務処理系	未達成	3	0.507	639	1647.5	2163日	あり	8時間	10人
B02	販売管理系	未達成	4	0.437	530	2376.5	2763日	あり	8時間	10人

### 3.1.2 問合わせの発生要因を明らかにするための考え方の概要

本論文の議論の対象は、保守工程における人員や設備の計画立案の事前準備の段階を考えることである。具体的には、問合わせ内容やその対応件数は、保守プロジェクトの管理者にとって人員や設備の計画立案のために重要となる。そこで、問合わせの内容や対応件数がどのような要因によって異なるか、開発プロジェクトの特性及び保守プロジェクトのデータを分析し明らかにする。その結果から知見を得ることによって、既に保守を行っているプロジェクトや今後保守を行う予定のあるプロジェクトに対しての、人員や設備の計画立案などのための一助とする。

まず議論に入る前に、分析で用いるデータを、表 3-1 に示しその詳細を説明する。表 3-1 に示した保守プロジェクト ID とは、保守プロジェクトの識別を示し（プロジェクト ID 先頭文字 A は納期達成保守プロジェクト、B は納期未達保守プロジェクトを示す）、対象システム分類には、その情報システムの業務概要を示している。納期には、当初予定の通り保守工程に入った場合は、「達成」、遅れた場合は、「未達成」と示している。総投資規模を、開発プロジェクトで投資した工数と保守プロジェクトで投資した工数の合計とし、総投資規模順位には、その順位、総投資規模比率はその比率（総投資規模順位が一位である A06 の総投資規模を分母とする）を示す。プロジェクトの対応件数、プロジェクトの対応時間は、それぞれ該当保守プロジェクトにおいて、発生した問合わせの対応件数と、その受け付けから対応を行い回答するまでにかかった時間を示す。また、データ収集期間には、保守工程開始から最後に問合わせが発生した日までの総日数を示す。次に、ユーザのシステム導入経験の「あり」とは、そのユーザには、過去に同種の情報システムの導入経験があることを示す。すなわち、ユーザのレベルが高く、例えば、システムへのサインオン方法や、パソコンの操作方法など簡易な問合わせがあまり発生しないことが考えられる。「なし」とは、情報システムの導入経験がないことを示す。このため、「あり」で述べた簡易な問合わせが発生しやすいことが考えられる。利用時間とユーザ数は、ユーザに情報システムを開放している一日の時間と、情報システムを利用する総人数を指す。尚、今回提供されているデータの対応時間の範囲は、収集した時間のため、最短が 0.5 時間で最長は 6.5 時間である。

## 3.2 データ分析の前提

### 3.2.1 二つのデータ分析

データ分析は、下記の仮定から初期不良期の分析と全期間の分析の二つを行った。

- 1) 初期不良期の分析（保守プロジェクト開始から一年）
- 2) 全期間の分析（保守プロジェクト開始から最後の問合わせが発生した日まで）

まず、初期不良期で分析する理由は、先行研究[31]のバスタブ曲線の初期不良期には多くの問合わせが発生することが判っており、データ収集期間の異なる保守プロジェクトであっても、この期間を分析することによって、その保守プロジェクトの特徴が現れやすいと考えたからである。尚、初期不良期を一年とした理由は、対象データにおける情報システムは、月次業務サイクルであり、半期の処理や年度の処理など各月に固有の機能があるが、一年であれば、ほぼ全ての種類の問合わせが発生するからである。全期間で分析する理由は、初期不良期以降の安定期について比較を行うことで保守プロジェクトの特徴が明らかになると考えたからである。ただし、A07、A08 及び A09 については、データ収集期間が、上記の初期不良期の分析の期間とほぼ同じであるため、全期間の分析から除外する。

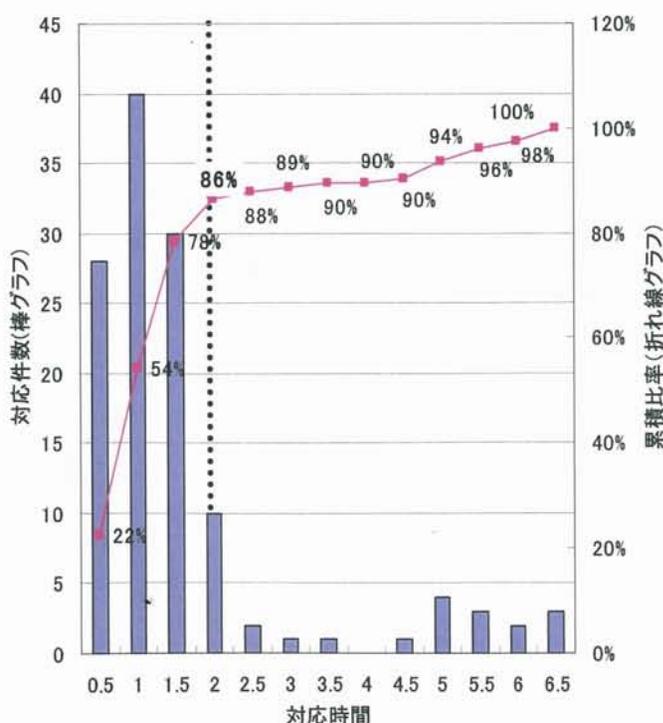


図 3-1 86 パーセントを判別点とするイメージ

### 3.2.2 分析時における評価基準

本項では、評価基準について検討を行う。本論文では保守プロジェクトにおける品質の評価基準として、以下の二つを用いる。一つ目は1.5.4項で定義した、企業Aで用いている対応時間の目標水準（第一水準と第二水準）である。次に、本論文では1.3節で述べた、欠陥の残存率[34]を、後述する問合わせの対応件数の累積相対度数[59]と見て、それを評価基準とする。そして、この評価基準に対する判別点として、表 1-3 に示した、ケイパーズ[34]の重度レベル3及び4の構成比の累計である86パーセントを用いる。次に、86パーセントを判別点として利用する方法を図 3-1 に示し以下に説明する。図 3-1 は、開発プロジェクトから保守プロジェクトに引き渡され、時間経過に伴い欠陥の対応が進んだことを前提とした説明用の仮想保守プロジェクトである。示しているデータは、対応件数（対応時間別）の相対度数及び相対度数を累積した累積相対度数であり、累積相対度数が一番小さい時間で86パーセントを超えた時間に、点線を示した。表 1-3 の重度レベルの内容の通り、86パーセントは業務に大きな影響を及ぼさない欠陥である[34]、と述べられており、この欠陥に伴って発生する問合わせは、簡易であり短い時間で対応できると考えた。このため、86パーセントが示す時間（以降、点線の位置を86パーセント点）が短い場合、欠陥への対応が進み、長い場合は、その保守プロジェクトに何らかの要因があり欠陥への対応が遅れていると評価できると考えた。

### 3.3 データ分析

#### 3.3.1 初期不良期の分析

はじめに、各保守プロジェクトの対応件数の分布を、対応時間別に表 3-2 (0.5 時間から 3.5 時間の範囲) と表 3-3 (4 時間から 6.5 時間の範囲) に度数分布表として示し、その詳細を説明する。相対度数、累積相対度数とは、表 3-2 と表 3-3 の右に示した時間別の対応件数が、相対度数か累積相対度数かの識別を示す。表上で強調されている部分は、一番短い時間で 86 パーセント点を超えた時間 (図 3-1 の点線と同義) を示した。また、図 3-2 と図 3-3 に縦軸に累積対応件数、横軸に対応時間をとるパレート図を、保守プロジェクトを抜粋して示す (A01, B02)。これらの、分析から以下の傾向が得られた。

#### 1) 納期達成保守プロジェクトの傾向の違い

表 3-2 に示した納期達成保守プロジェクトの六つの保守プロジェクトは、86 パーセント点が第一水準にある。残りの三つの A03, A06 及び A09 は、86 パーセント点が第二水準 (表 3-3 参照) にあり、納期達成保守プロジェクトであっても異なる傾向を示した。

表 3-2 対応件数の度数分布表(0.5 時間から 3.5 時間)

保守プロジェクトID	相対度数 or 累積相対度数	0.5時間	1時間	1.5時間	2時間	2.5時間	3時間	3.5時間
A01	相対度数 (%)	65%	16%	2%	8%	0%	8%	0%
	累積相対度数 (%)	65%	81%	82%	<b>90%</b>	90%	98%	98%
A02	相対度数 (%)	34%	21%	10%	16%	1%	6%	1%
	累積相対度数 (%)	34%	56%	66%	81%	83%	<b>89%</b>	90%
A03	相対度数 (%)	29%	14%	15%	18%	1%	7%	0%
	累積相対度数 (%)	29%	43%	58%	76%	77%	84%	84%
A04	相対度数 (%)	75%	9%	1%	4%	3%	6%	0%
	累積相対度数 (%)	75%	84%	85%	<b>89%</b>	92%	99%	99%
A05	相対度数 (%)	41%	17%	7%	21%	0%	7%	0%
	累積相対度数 (%)	41%	59%	66%	<b>86%</b>	86%	93%	93%
A06	相対度数 (%)	22%	25%	5%	12%	2%	14%	1%
	累積相対度数 (%)	22%	48%	52%	64%	66%	80%	80%
A07	相対度数 (%)	20%	50%	9%	4%	4%	3%	0%
	累積相対度数 (%)	20%	70%	79%	84%	<b>87%</b>	90%	90%
A08	相対度数 (%)	53%	17%	5%	5%	4%	5%	0%
	累積相対度数 (%)	53%	70%	76%	81%	84%	<b>89%</b>	89%
A09	相対度数 (%)	14%	42%	1%	15%	0%	8%	0%
	累積相対度数 (%)	14%	56%	57%	72%	72%	80%	80%
B01	相対度数 (%)	0%	0%	0%	23%	0%	77%	0%
	累積相対度数 (%)	0%	0%	0%	23%	23%	<b>100%</b>	100%
B02	相対度数 (%)	3%	4%	0%	10%	0%	14%	0%
	累積相対度数 (%)	3%	7%	7%	17%	17%	31%	31%

表 3-3 対応件数の度数分布表(4 時間から 6.5 時間)

保守プロジェクトID	相対度数 or 累積相対度数	4時間	4.5時間	5時間	5.5時間	6時間	6.5時間
A01	相対度数(%)	0%	0%	0%	0%	0%	2%
	累積相対度数(%)	98%	98%	98%	98%	98%	100%
A02	相対度数(%)	3%	1%	1%	0%	1%	3%
	累積相対度数(%)	93%	94%	95%	96%	97%	100%
A03	相対度数(%)	5%	0%	1%	0%	0%	10%
	累積相対度数(%)	89%	89%	90%	90%	90%	100%
A04	相対度数(%)	0%	1%	0%	0%	0%	0%
	累積相対度数(%)	99%	100%	100%	100%	100%	100%
A05	相対度数(%)	3%	0%	0%	0%	0%	3%
	累積相対度数(%)	97%	97%	97%	97%	97%	100%
A06	相対度数(%)	9%	2%	2%	0%	1%	7%
	累積相対度数(%)	89%	91%	92%	92%	93%	100%
A07	相対度数(%)	7%	0%	0%	0%	0%	3%
	累積相対度数(%)	97%	97%	97%	97%	97%	100%
A08	相対度数(%)	2%	0%	3%	1%	0%	4%
	累積相対度数(%)	92%	92%	94%	95%	96%	100%
A09	相対度数(%)	13%	1%	1%	0%	1%	4%
	累積相対度数(%)	93%	93%	95%	95%	96%	100%
B01	相対度数(%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	累積相対度数(%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B02	相対度数(%)	17%	0%	17%	0%	13%	22%
	累積相対度数(%)	48%	48%	65%	65%	78%	100%

2) 納期達成と納期未達保守プロジェクトの傾向の違い

表 3-2 を見ると、納期未達保守プロジェクトでは、B01 は 86 パーセント点が第一水準にあり、B02 は第二水準と分かれたが、B01 は他の保守プロジェクトとは異なり 1.5 時間以下の間合わせが発生しておらず、86 パーセント点が第一水準内ではあるが、納期達成保守プロジェクトとは異なる傾向を示した。また、B02 では、図 3-3 に示す通り、第二水準の 6.5 時間や 4 時間などの間合わせが多く発生している。これらの分析からの結果として、納期達成保守プロジェクトと納期未達保守プロジェクトは異なる傾向を示した。

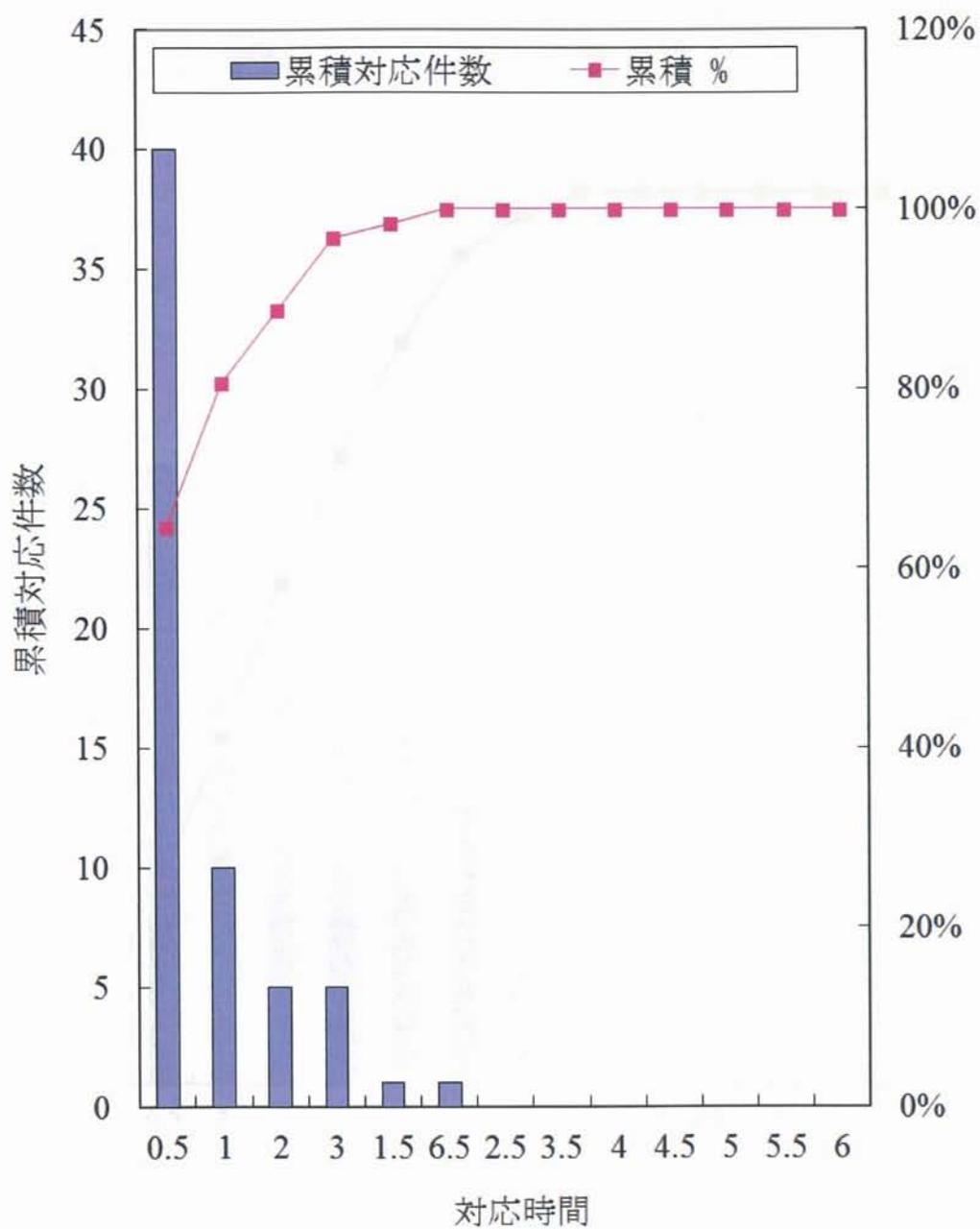


図 3-2 パレート図(保守プロジェクト A01 の場合)

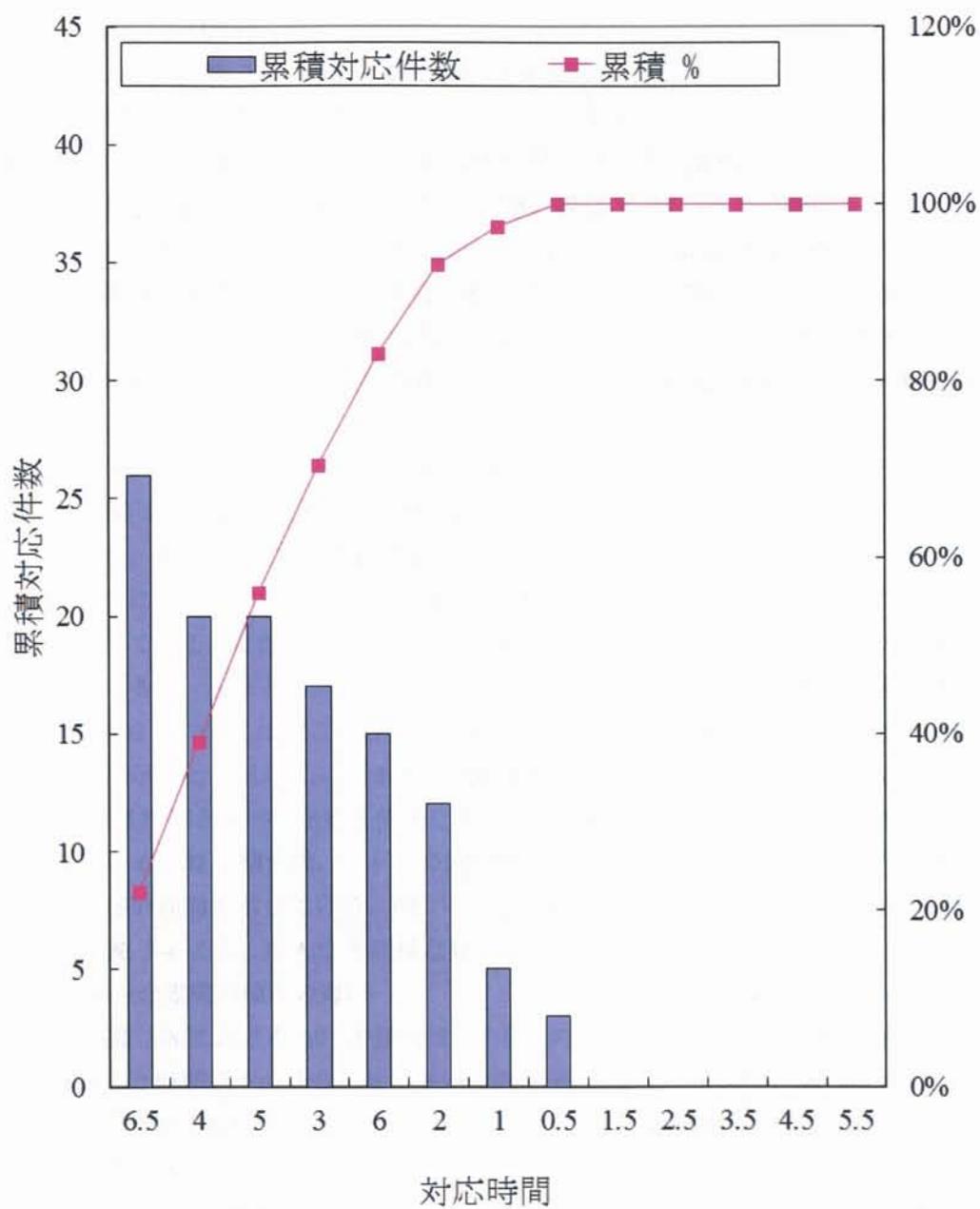


図 3-3 パレート図(保守プロジェクト B02 の場合)

### 3.3.2 全期間の分析

図 3-4, 図 3-5 及び表 3-4 には, それぞれ納期達成保守プロジェクトと納期未達保守プロジェクト (A02, B02 を抜粋) の全期間に発生した一ヶ月の間合わせの対応件数を対応時間別に示した. 尚, 表 3-4 には, A02 は, 0.5 時間, 6.5 時間, B02 は 0.5 時間, 6.5 時間を抜粋して示した. 次に, 図 3-6, 図 3-7, 図 3-8, 図 3-9, 表 3-5 及び表 3-6 にはそれぞれ納期達成保守プロジェクトと納期未達保守プロジェクト (A01, A02, B01 及び B02 を抜粋) の全期間に発生した一ヶ月の間合わせの対応時間の平均値と, その平均値に対する, 信頼率 95 パーセントの信頼区間の上限, 下限を示す (平均値は, 一ヶ月に発生した間合わせの対応時間の合計を対応件数で除算して求めた). これらの, 分析から以下の傾向が得られた.

#### 1) 納期達成と納期未達保守プロジェクトの傾向の違い

表 3-4 及び図 3-4 における A02 の傾向は, 3.3.1 項で示した度数分布表とパレート図の傾向と同様に, 第一水準の 0.5 時間の間合わせは, 19 ヶ月目から 28 ヶ月目で, 16 件発生しているのに対して, 第二水準の 6.5 時間では 2 件であり, 第一水準の間合わせが 8 倍多く発生している. また, 表 3-5 及び図 3-6 における A02 の傾向は, 一ヶ月の対応時間の平均を見ると, 各月とも第一水準内の 3 時間以下の間合わせが多い傾向を示している. 一方, B02 については, これとは異なり, 第二水準の 6.5 時間の間合わせが多く発生する傾向を示した. 例えば, 表 3-4 及び図 3-5 における B02 の 52 ヶ月目の 6.5 時間であれば, 0.5 時間と比べると約 8 倍多く間合わせが発生している. また, 表 3-5 及び図 3-7 における B02 の傾向は, 一ヶ月の対応時間の平均を見ると, 各月とも第二水準の間合わせが多い傾向を示している. 尚, その他の納期達成保守プロジェクトの傾向は, A01 を除き表 3-4 に示した A02 と同様な傾向を示した.

#### 2) 初期不良期と全期間の傾向の違い

表 3-6 及び図 3-8 における A01 の傾向は, 一ヶ月の対応時間の平均を見ると, 各月とも第一水準内の 3 時間以下の間合わせが多い傾向を示している. ただし, 表 3-6 における A01 の一ヶ月の対応時間の平均の 47 ヶ月目以降を見ると, 長い間合わせが多くなる傾向を示している. 次に, B01 の場合は, 図 3-9 の一ヶ月の対応時間の平均を見ると, 第一水準内ではあるが, 3 時間近辺の間合わせが多い傾向を示している. しかし, 表 3-6 に示す B01 の一ヶ月の対応時間の平均の 36 ヶ月目以降を見ると, 0.5 時間の短い間合わせが多く発生する傾向にあり, A01, B01 ともに初期不良期とは異なる傾向を示している.

### 3.3.3 分析結果からのインタビュー

3.3.1 項及び 3.3.2 項の分析において特徴的な傾向を示した保守プロジェクトについて, 筆者が保守担当者へのインタビューを行った.

まず, 3.3.1 項の納期達成保守プロジェクトの分析において, 86 パーセント点が第二水準にある傾向を示した, A03, A06 及び A09 についての, インタビュー結果を以下に記す.

A03, A06 ともに複雑な計算プログラムを含んだソフトウェアが多くある「複雑な保守プロジェクト」であり、保守工程開始直後から、対応に時間がかかる問い合わせが多く発生していた、との回答を得た。また、A09 についてはシステム導入が初めての事例のため、ユーザーが不慣れなこともあり、対応に時間のかかる問い合わせが多く発生した、との回答を得た。

次に、3.3.2 項の初期不良期と全期間の分析において初期不良期と全期間では、異なる傾向を示した A01 及び B01 についてのインタビュー結果を以下に記す。A01 は生産管理システムであり、初期不良期には工程の整備の問題等により情報システムの「利用頻度」が低く、問い合わせ自体があまり発生しなかった。しかし昨今（47 ヶ月目以降）は、「環境変化」に伴い製品納入先からの依頼による、仕様変更が発生しており、これに対する問い合わせの対応に時間がかかる傾向にある、との回答を得た。次に、B01 については、保守プロジェクト開始時点では、ソフトウェアの品質が悪く対応に時間のかかる問い合わせが多く発生していたが、それ以降の欠陥への対応やソフトウェアの使い勝手を改善する仕様変更及び改善等によって、ユーザーの希望する情報システムに近づき、徐々に問い合わせの対応に時間がかからなくなってきている、との回答を得た。

表 3-4 対応時間別の対応件数の累積

保守プロジェクトID					
A02			B02		
経過月	0.5時間	6.5時間	経過月	0.5時間	6.5時間
1ヶ月目	34	0	1ヶ月目	0	5
2ヶ月目	60	0	2ヶ月目	0	7
3ヶ月目	64	0	3ヶ月目	0	11
4ヶ月目	70	2	4ヶ月目	0	14
5ヶ月目	72	4	5ヶ月目	0	18
6ヶ月目	72	6	6ヶ月目	0	18
7ヶ月目	76	6	7ヶ月目	0	20
8ヶ月目	88	6	8ヶ月目	0	20
9ヶ月目	89	8	9ヶ月目	1	23
10ヶ月目	93	8	10ヶ月目	1	24
11ヶ月目	98	8	11ヶ月目	3	25
12ヶ月目	99	8	12ヶ月目	3	26
13ヶ月目	99	8	13ヶ月目	3	26
14ヶ月目	99	8	14ヶ月目	3	27
15ヶ月目	103	8	15ヶ月目	4	27
16ヶ月目	111	8	16ヶ月目	4	28
17ヶ月目	113	8	17ヶ月目	4	28
18ヶ月目	114	8	18ヶ月目	4	29
19ヶ月目	118	8	19ヶ月目	4	30
20ヶ月目	120	8	20ヶ月目	4	31
21ヶ月目	123	8	21ヶ月目	4	37
22ヶ月目	124	8	22ヶ月目	4	42
23ヶ月目	128	8	23ヶ月目	4	42
24ヶ月目	130	9	24ヶ月目	4	42
25ヶ月目	132	10	25ヶ月目	4	45
26ヶ月目	133	10	26ヶ月目	4	47
27ヶ月目	133	10	27ヶ月目	4	49
28ヶ月目	134	10	28ヶ月目	4	51
29ヶ月目	135	10	29ヶ月目	4	53
			30ヶ月目	4	55
			31ヶ月目	4	57
			32ヶ月目	4	59
			33ヶ月目	4	61
			34ヶ月目	4	62
			35ヶ月目	4	62
			36ヶ月目	4	62
			37ヶ月目	4	62
			38ヶ月目	4	67
			39ヶ月目	4	71
			40ヶ月目	4	74
			41ヶ月目	4	76
			42ヶ月目	5	77
			43ヶ月目	5	79
			44ヶ月目	6	81
			45ヶ月目	6	87
			46ヶ月目	8	87
			47ヶ月目	8	90
			48ヶ月目	8	90
			49ヶ月目	9	91
			50ヶ月目	10	92
			51ヶ月目	10	92
			52ヶ月目	11	92

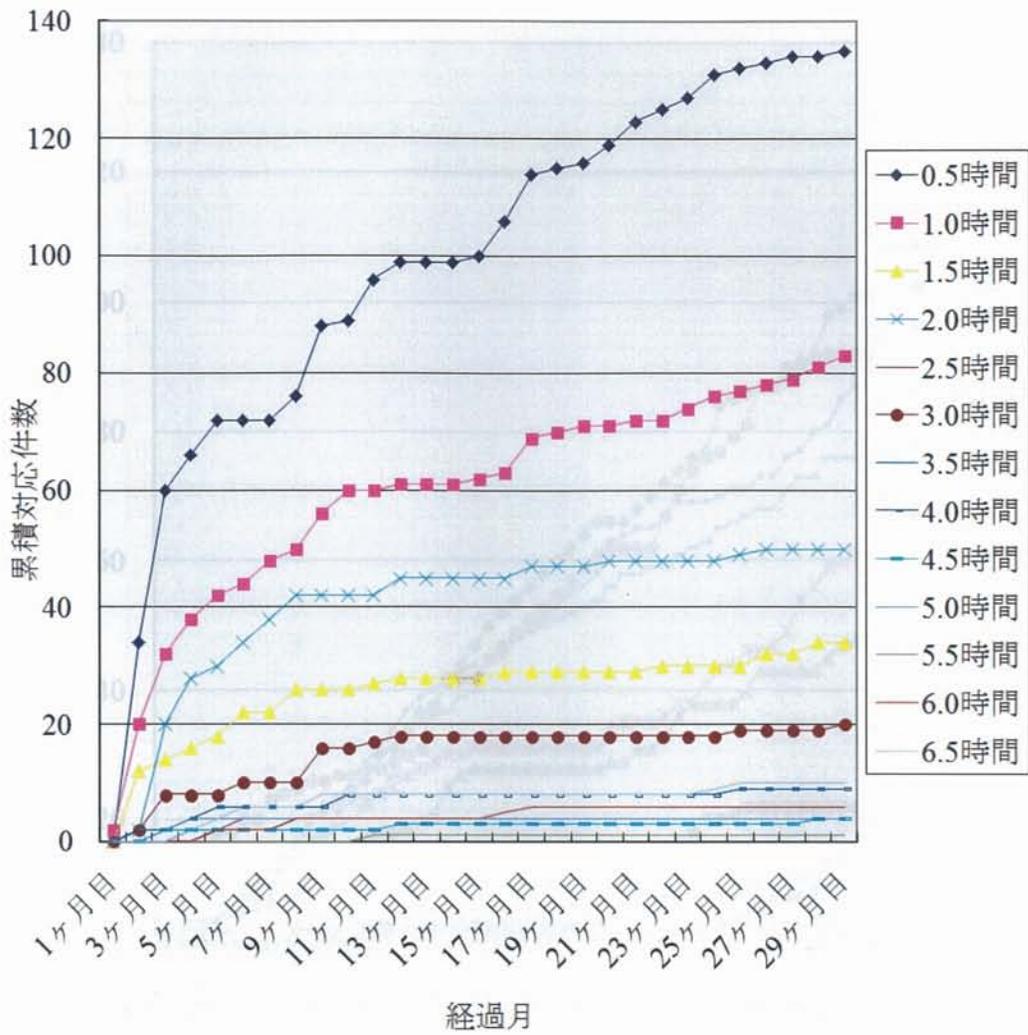


図 3-4 問合わせの累積対応件数(保守プロジェクト A02 の場合)

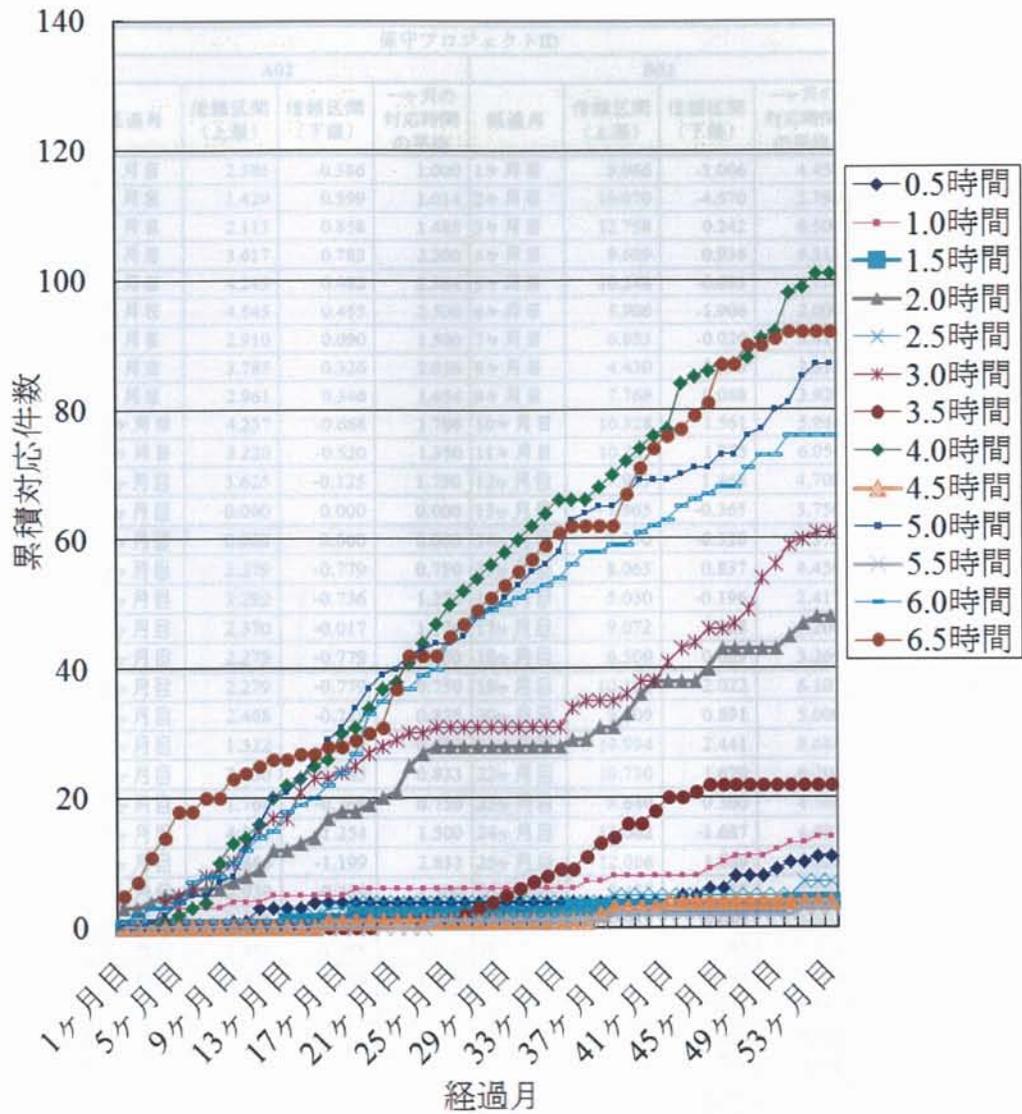


図 3-5 問い合わせの累積対応件数(保守プロジェクト B02 の場合)

表 3-5 A02, B02 一ヶ月の対応時間の平均

保守プロジェクトID							
A02				B02			
経過月	信頼区間 (上限)	信頼区間 (下限)	一ヶ月の 対応時間 の平均	経過月	信頼区間 (上限)	信頼区間 (下限)	一ヶ月の 対応時間 の平均
1ヶ月目	2.386	-0.386	1.000	1ヶ月目	9.966	-1.066	4.450
2ヶ月目	1.429	0.599	1.014	2ヶ月目	10.070	-4.570	2.750
3ヶ月目	2.113	0.858	1.485	3ヶ月目	12.758	0.242	6.500
4ヶ月目	3.617	0.783	2.200	4ヶ月目	9.689	0.936	5.313
5ヶ月目	4.245	0.482	2.364	5ヶ月目	10.248	-0.693	4.778
6ヶ月目	4.545	0.455	2.500	6ヶ月目	5.906	-1.906	2.000
7ヶ月目	2.910	0.090	1.500	7ヶ月目	6.853	-0.020	3.417
8ヶ月目	3.785	0.326	2.056	8ヶ月目	4.430	0.195	2.313
9ヶ月目	2.961	0.346	1.654	9ヶ月目	7.769	0.088	3.929
10ヶ月目	4.237	-0.666	1.786	10ヶ月目	10.328	1.561	5.944
11ヶ月目	3.220	-0.520	1.350	11ヶ月目	10.225	1.875	6.050
12ヶ月目	3.625	-0.125	1.750	12ヶ月目	7.949	1.468	4.708
13ヶ月目	0.000	0.000	0.000	13ヶ月目	7.865	-0.365	3.750
14ヶ月目	0.000	0.000	0.000	14ヶ月目	7.070	-0.320	3.375
15ヶ月目	2.279	-0.779	0.750	15ヶ月目	8.063	0.837	4.450
16ヶ月目	3.292	-0.736	1.278	16ヶ月目	5.030	-0.196	2.417
17ヶ月目	2.370	-0.017	1.176	17ヶ月目	9.072	1.328	5.200
18ヶ月目	2.279	-0.779	0.750	18ヶ月目	6.509	0.029	3.269
19ヶ月目	2.279	-0.779	0.750	19ヶ月目	10.192	2.022	6.107
20ヶ月目	2.468	-0.718	0.875	20ヶ月目	9.109	0.891	5.000
21ヶ月目	1.322	-0.122	0.600	21ヶ月目	14.934	2.441	8.688
22ヶ月目	2.430	-0.763	0.833	22ヶ月目	10.730	1.670	6.200
23ヶ月目	1.768	-0.268	0.750	23ヶ月目	8.640	0.360	4.500
24ヶ月目	4.254	-1.254	1.500	24ヶ月目	11.062	-1.687	4.688
25ヶ月目	6.866	-1.199	2.833	25ヶ月目	12.036	1.839	6.938
26ヶ月目	2.939	-0.339	1.300	26ヶ月目	9.487	0.638	5.063
27ヶ月目	2.279	-0.779	0.750	27ヶ月目	9.433	0.692	5.063
28ヶ月目	4.858	-1.058	1.900	28ヶ月目	10.182	-0.057	5.063
29ヶ月目	3.809	-1.059	1.375	29ヶ月目	9.387	0.738	5.063
				30ヶ月目	9.387	0.738	5.063
				31ヶ月目	6.530	0.220	3.375
				32ヶ月目	8.435	0.565	4.500
				33ヶ月目	7.673	0.427	4.050
				34ヶ月目	10.730	1.645	6.188
				35ヶ月目	5.446	-0.303	2.571
				36ヶ月目	6.027	0.473	3.250
				37ヶ月目	6.431	-0.893	2.769
				38ヶ月目	11.726	1.674	6.700
				39ヶ月目	8.670	1.030	4.850
				40ヶ月目	12.918	1.957	7.438
				41ヶ月目	6.356	-0.856	2.750
				42ヶ月目	8.646	0.577	4.611
				43ヶ月目	8.687	-0.987	3.850
				44ヶ月目	9.796	1.204	5.500
				45ヶ月目	7.572	-0.027	3.773
				46ヶ月目	5.289	-0.556	2.367
				47ヶ月目	6.478	0.380	3.429
				48ヶ月目	5.540	0.317	2.929

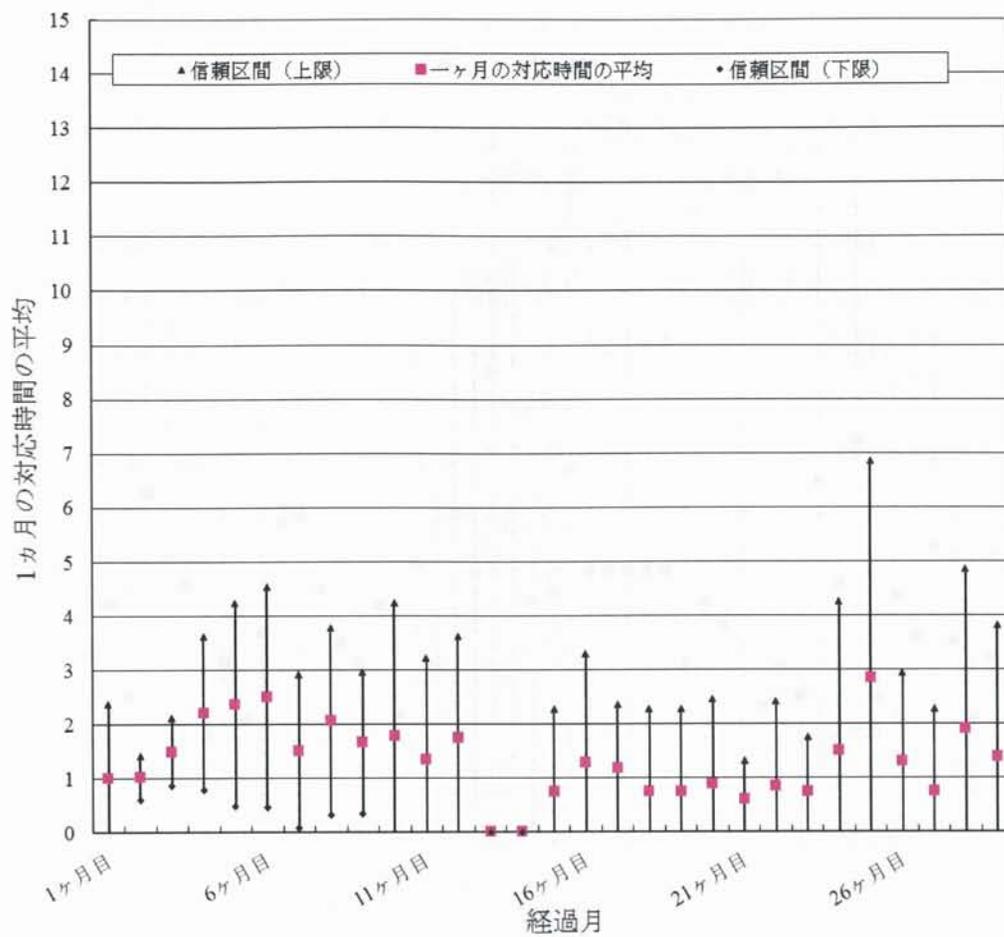


図 3-6 対応時間の月別発生傾向(保守プロジェクト A02 の場合)

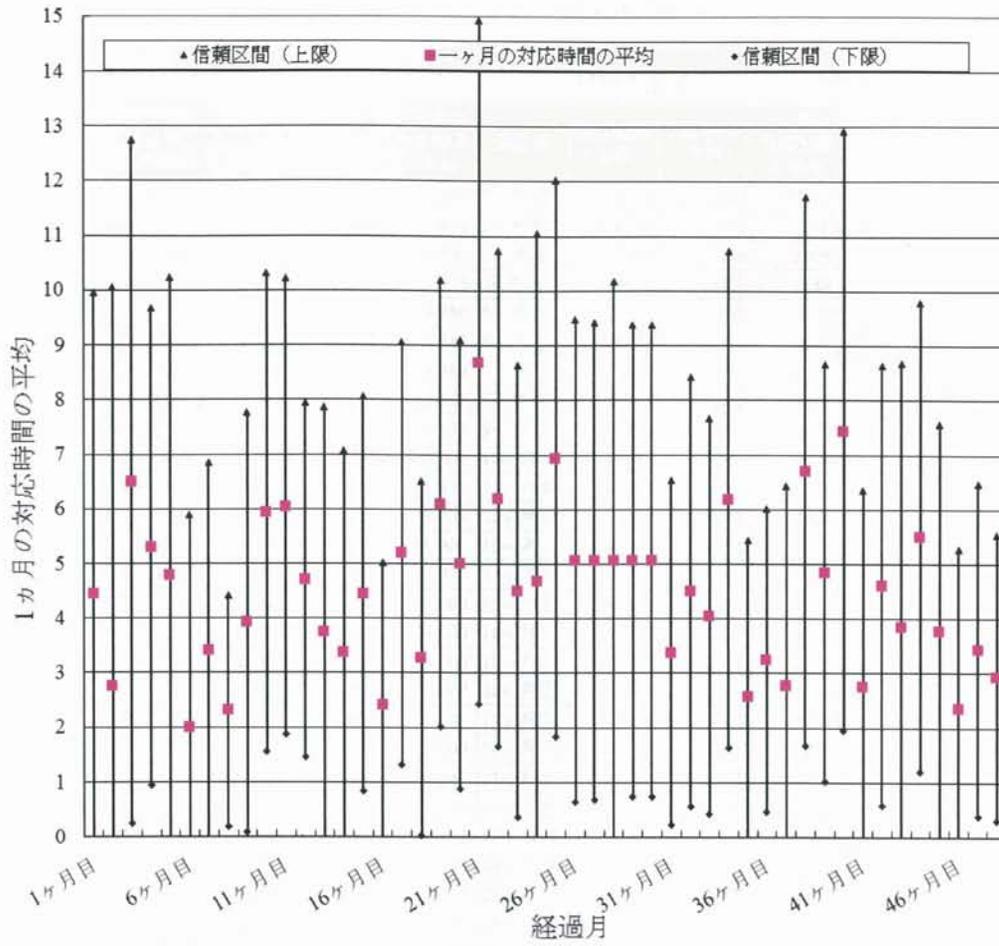


図 3-7 対応時間の月別発生傾向(保守プロジェクト B02 の場合)

表 3-6 A01, B01 一ヶ月の対応時間の平均

保守プロジェクトID							
A01				B01			
経過月	信頼区間 (上限)	信頼区間 (下限)	一ヶ月の 対応時間 の平均	経過月	信頼区間 (上限)	信頼区間 (下限)	一ヶ月の 対応時間 の平均
1ヶ月目	1.193	-0.193	0.500	1ヶ月目	3.417	2.418	2.917
2ヶ月目	2.089	-0.489	0.800	2ヶ月目	3.563	2.071	2.817
3ヶ月目	0.990	0.010	0.500	3ヶ月目	3.908	1.476	2.692
4ヶ月目	2.202	-0.452	0.875	4ヶ月目	4.039	1.961	3.000
5ヶ月目	0.989	0.111	0.550	5ヶ月目	3.881	1.695	2.788
6ヶ月目	0.930	0.154	0.542	6ヶ月目	4.014	1.320	2.667
7ヶ月目	2.006	-0.228	0.889	7ヶ月目	3.682	0.780	2.231
8ヶ月目	7.980	-2.730	2.625	8ヶ月目	3.978	1.022	2.500
9ヶ月目	3.495	-0.829	1.333	9ヶ月目	3.548	1.298	2.423
10ヶ月目	0.000	0.000	0.000	10ヶ月目	4.082	0.841	2.462
11ヶ月目	3.903	-0.236	1.833	11ヶ月目	3.762	1.358	2.560
12ヶ月目	7.158	-1.158	3.000	12ヶ月目	4.493	0.780	2.636
13ヶ月目	1.000	1.000	1.000	13ヶ月目	4.130	0.370	2.250
14ヶ月目	0.000	0.000	0.000	14ヶ月目	3.890	1.052	2.471
15ヶ月目	0.000	0.000	0.000	15ヶ月目	4.259	1.297	2.778
16ヶ月目	0.000	0.000	0.000	16ヶ月目	4.025	0.575	2.300
17ヶ月目	0.000	0.000	0.000	17ヶ月目	3.871	0.929	2.400
18ヶ月目	0.000	0.000	0.000	18ヶ月目	5.222	0.778	3.000
19ヶ月目	0.000	0.000	0.000	19ヶ月目	5.940	0.060	3.000
20ヶ月目	4.840	-0.840	2.000	20ヶ月目	4.603	0.397	2.500
21ヶ月目	1.317	0.416	0.867	21ヶ月目	3.962	0.482	2.222
22ヶ月目	1.765	0.402	1.083	22ヶ月目	3.753	0.247	2.000
23ヶ月目	2.387	-0.101	1.143	23ヶ月目	4.227	0.106	2.167
24ヶ月目	1.617	0.272	0.944	24ヶ月目	3.753	0.247	2.000
25ヶ月目	4.075	0.525	2.300	25ヶ月目	6.027	0.473	3.250
26ヶ月目	2.485	0.315	1.400	26ヶ月目	4.001	0.221	2.111
27ヶ月目	2.415	0.156	1.286	27ヶ月目	4.945	-0.445	2.250
28ヶ月目	2.532	0.384	1.458	28ヶ月目	3.600	0.400	2.000
29ヶ月目	2.778	0.313	1.545	29ヶ月目	4.624	0.233	2.429
30ヶ月目	3.119	0.653	1.886	30ヶ月目	8.355	-2.355	3.000
31ヶ月目	4.897	0.290	2.594	31ヶ月目	4.755	-0.255	2.250
32ヶ月目	0.000	0.000	0.000	32ヶ月目	7.922	-2.922	2.500
33ヶ月目	0.000	0.000	0.000	33ヶ月目	1.000	1.000	1.000
34ヶ月目	1.893	0.274	1.083	34ヶ月目	0.000	0.000	0.000
35ヶ月目	3.494	0.173	1.833	35ヶ月目	1.748	-0.414	0.667
36ヶ月目	1.531	0.191	0.861	36ヶ月目	0.900	0.100	0.500
37ヶ月目	4.354	-0.576	1.889	37ヶ月目	1.000	1.000	0.500
38ヶ月目	2.965	-0.465	1.250	38ヶ月目	1.000	1.000	0.500
39ヶ月目	3.057	-0.307	1.375	39ヶ月目	1.000	1.000	0.500
40ヶ月目	3.380	-0.166	1.607	40ヶ月目	1.193	-0.193	0.500
41ヶ月目	5.300	-1.466	1.917	41ヶ月目	0.990	0.010	0.500
42ヶ月目	2.103	-0.436	0.833	42ヶ月目	1.066	-0.066	0.500
43ヶ月目	2.190	0.010	1.100	43ヶ月目	0.900	0.100	0.500
44ヶ月目	3.273	-0.495	1.389	44ヶ月目	0.990	0.010	0.500
45ヶ月目	2.985	-0.585	1.200	45ヶ月目	0.000	0.000	0.000
46ヶ月目	2.832	-0.232	1.300	46ヶ月目	1.000	1.000	0.500
47ヶ月目	10.790	-2.790	4.000				
48ヶ月目	5.627	-0.960	2.333				

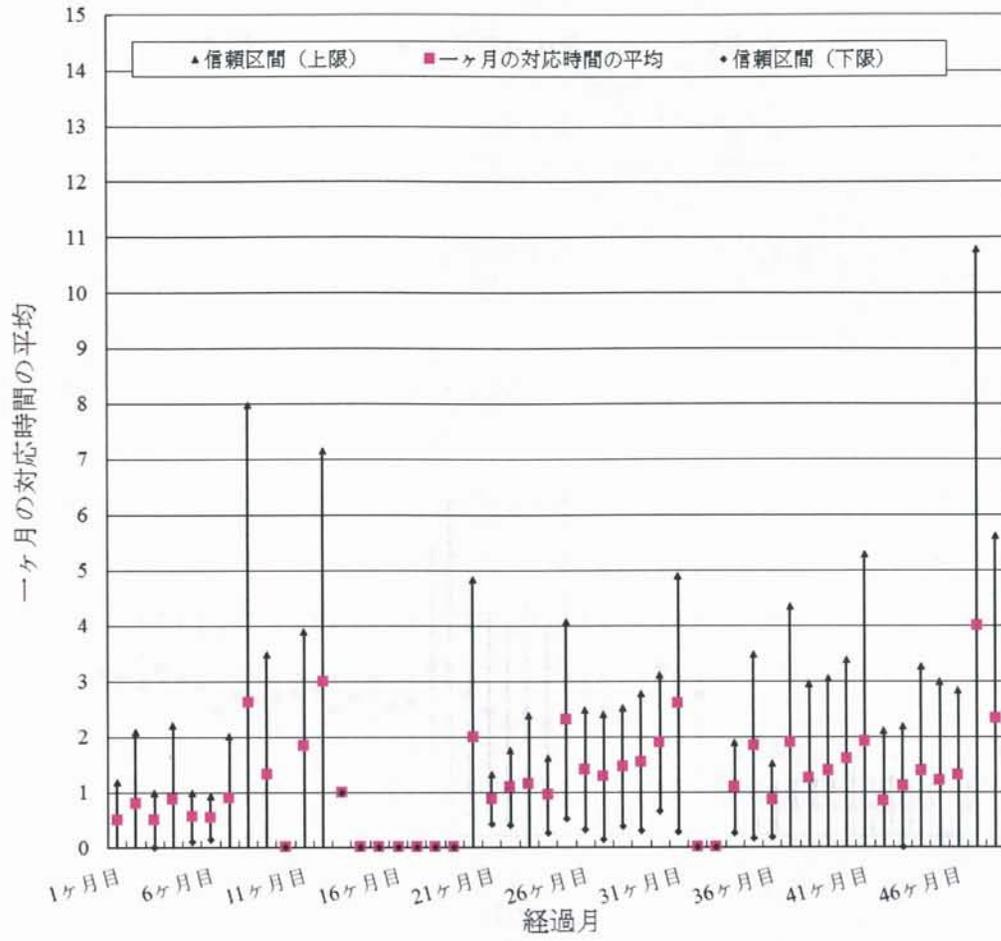


図 3-8 対応時間の月別発生傾向(保守プロジェクト A01 の場合)

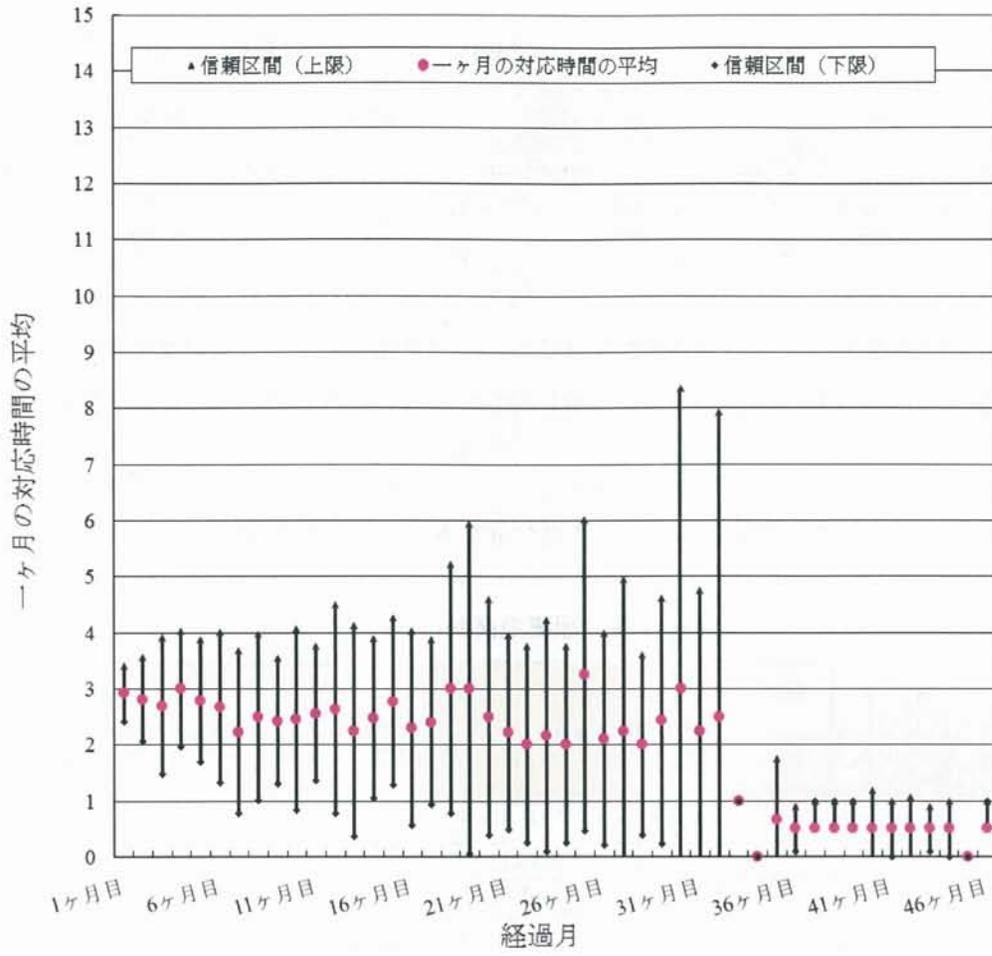


図 3-9 対応時間の月別発生傾向(保守プロジェクト B01 の場合)

### 3.4 問合わせが発生する要因の検討

#### 3.4.1 要因の抽出とその考察

本項では、データ分析からの問合わせ件数の曲線及びインタビュー結果から、同一の傾向を示した保守プロジェクトを分類しその考察を行い、問合わせが発生する要因の抽出を行った。その結果を「問合わせ発生要因一覧シート」として表 3-7 と表 3-8 に示し、以下に詳細を説明する。表 3-7 において分類とは、データ分析及びインタビュー結果から同様な傾向を示した保守プロジェクトの分類である。初期不良期の傾向とは、3.3.1 項及び 3.3.3 項において議論し得られた保守プロジェクトの傾向を、保守プロジェクトごとにまとめたものである。要因とは、初期不良期のデータ分析及びインタビュー結果から導出した問合わせの発生の要因である。そして、その保守プロジェクトに関連がある要因には、丸印を示している。表 3-7 を全期間で見た場合が表 3-8 である。以下に分類ごとの考察を示す。

表 3-7 問合わせ発生要因一覧シート 1

分類	保守プロジェクトID	総投資規模順位	納期遅れの有無	初期不良期の傾向	要因				
					品質	習熟度	複雑な保守	環境変化	利用頻度
A	B02	4	未達成	・表3-3において、86%は第二水準内 ・図3-3において、8.5時間や4時間などの長い問合わせが多く発生	○	○			
A'	B01	3	未達成	・表3-3において、86%は第一水準内 ただし、1.5時間未満の問合わせが発生していない	○	○			
B	A02	11	達成	・表3-3において、86%は第一水準内	○	○			
B	A04	6	達成	・表3-3において、86%は第一水準内	○	○			
B	A05	8	達成	・表3-3において、86%は第一水準内	○	○			
B	A07	7	達成	・表3-3において、86%は第一水準内	○	○			
B	A08	9	達成	・表3-3において、86%は第一水準内	○	○			
B'	A01	2	達成	・表3-3において、86%は第一水準内 ・図3-3において、0.5時間や1時間など短い問合わせが多く発生 ・「利用頻度」少なく初期不良期は安定	○	○			○
C	A03	5	達成	・表3-3において、86%は第二水準内 ・「複雑な保守プロジェクト」である	○	○	○		
C	A06	1	達成	・表3-3において、86%は第二水準内 ・「複雑な保守プロジェクト」である	○	○	○		
D	A09	10	達成	・表3-3において、86%は第二水準内 ・ユーザが情報システムに不慣れ	○	○			

表 3-8 問合わせ発生要因一覧シート 2

分類	保守プロジェクトID	総投資規模順位	納期遅れの有無	全期間の傾向	要因				
					品質	習熟度	複雑な保守	環境変化	利用頻度
A	B02	4	未達成	・表3-5において6.5時間の問合わせが増加傾向	○	○			
A'	B01	3	未達成	・図3-9において36ヶ月以降問い合わせ減少中 ・品質が悪く長い対応時間が多かったが、欠陥への対応によって昨今は問合わせは短くなる傾向					
B	A02	11	達成	・表3-5、表3-6において第一水準は増加、第二水準は一定傾向 ・図3-6において第一水準内の問合わせが多い。					
B	A04	6	達成	・A02と同様な傾向					
B	A05	8	達成	・A02と同様な傾向					
B	A07	7	達成	※収集データが一年のため分析対象外					
B	A08	9	達成	※収集データが一年のため分析対象外					
B'	A01	2	達成	・図3-8において47ヶ月以降の問い合わせ増加中 ・昨今は「環境変化」で問合わせ増加中	○	○		○	
C	A03	5	達成	・A02と同様な傾向				○	
C	A06	1	達成	・A02と同様な傾向				○	
D	A09	10	達成	※収集データが一年のため分析対象外					

1) 分類 A 及び A'

この分類は、納期末達保守プロジェクトの分類であり、対応時間が長い傾向である。この傾向を示している要因として、「習熟度」と「品質」が考えられる。ここでいう「習熟度」とは、保守担当者及びユーザの情報システムへの理解及び慣れの度合いを指す。例えば、保守担当者であれば、問合わせへの理解や、確認すべきプログラムの特定などを行う作業の慣れなどである。ユーザの場合は、そもそも情報システムへの不慣れや、画面の操作方法及び出力されるデータの意味の理解などである。本来、初期不良期は、様々な問合わせが多く発生するが、これを過ぎると一度発見された欠陥は対応がなされ、ソフトウェアの「品質」が向上し、それ以降は簡易な問合わせと、複雑であっても類似する「繰り返し性のある問合わせ」が発生し、保守担当者及びユーザの「習熟度」が向上すると考える。しかし、納期末達保守プロジェクトは、これとは異なり「情報システムに対してユーザの満足が得られない」、すなわち「品質」に問題があり「繰り返し性の少ない問合わせ」が多く「習熟度」が向上せずに、問合わせの対応に時間がかかる傾向を示したと考える。しかし、A' とした B01 のように初期不良期は分類 A と同様な傾向を示していたが、インタビューからの回答の通り「品質」、「習熟度」が改善され問合わせの対応件数は変化する。

## 2) 分類 B 及び B'

この分類は、初期不良期において「習熟度」と「品質」が向上し安定期に入った分類と考える。顕著にこの傾向を示した A02 については、3.3.1 項の対応件数の分布における分析では、B01 と類似した傾向であったが、3.3.2 項で示した表 3-4 では、時間経過に伴い発生している問合わせは、短い対応時間が多くなる傾向を示した。分類 B' とした A01 は、初期不良期は分類 B と同様な傾向を示している。これは、インタビューの回答の通り、情報システムの「利用頻度」が低く、本来は初期不良期に集中して発生する対応に時間がかかる問合わせが、徐々に発生したのではないかと考える。一方、全期間の分析及びインタビューの回答の通り、「環境変化」に伴い「繰り返し性の少ない問合わせ」が発生し、これに対してユーザ、保守担当者ともに「習熟度」が低く、対応に時間のかかる問合わせが多くなる傾向を示したと考える。

## 3) 分類 C

分類 C は、インタビューの回答の通り「複雑な保守プロジェクト」の分類である。この分類は、ソフトウェアが複雑であり、「品質」と「習熟度」の向上に時間がかかり、初期不良期が長引いていると考えられる。ソフトウェアが複雑な場合、分類 B と比べると開発プロジェクトにおける「品質」が劣ってしまう。またこれに加えて、問合わせも複雑になると考える。このため、「繰り返し性の少ない問合わせ」が多く発生し初期不良期が長引いていると考える。この傾向は分類 A と類似しているが、異なっているのは、全期間の分析において当分類が示したように、初期不良期が過ぎれば分類 B と同様な傾向を示すことである。

## 4) 分類 D

分類 D の A09 は、表 3-2 において、分類 C と同様な傾向を示したが、インタビューの回答の通り、ユーザの「習熟度」が低く、これに伴い初期不良期が長引いたことが考えられる。

### 3.4.2 考察からの提言

上述の考察結果から、問合わせに影響を及ぼす要因は、今回のデータからいえることであるが、「品質」、「習熟度」、「複雑な保守プロジェクト」、「環境変化」及び「利用頻度」の五つの要因であることが抽出できた。このように問合わせの発生は、様々な要因によって異なることが示された。

これらの考察から、本論文では、二つの提言を行う。一つは、問合わせの対応時間を短くするために有効な手段として、「習熟度」を向上させることが有効であると考え、これは、様々な要因に対応がなされたとしても、「習熟度」の向上がなければ問合わせへの対応時間は短くならないからである。「品質」を一例とすれば、B01 のように、「品質」への対応がなされれば、「繰り返し性のある問合わせ」が多くなり、「習熟度」が向上し問合わせの対応は短くなる。これらのことから、保守工程における問合わせに対する保守担当者とユーザの「習熟度」を向上させることは、問合わせの対応時間を短くすることに有効な手

段の一つになると考えた。

二つ目は、「問合わせ発生要因一覧シート」の利用である。これは、考察から得られた知見を一覧化したものである。このシートを情報システム部門が見ることによって、特徴が類似する、開発プロジェクトや保守プロジェクトがあった場合、問合わせの内容や対応件数が予測できることにより、問合わせの対応に備えた心構えが可能になり、人員や設備の計画立案に寄与することができると思う。

## 3.5 本章のまとめと今後の課題

### 3.5.1 本章のまとめ

本章では、実際の開発現場で収集されたデータを用いて、システムを開発したプロジェクト及びそのシステムを保守するプロジェクトの特徴と、問い合わせデータ（対応件数、内容）の関係を明らかにし知見を得ることができた。また得られた知見から、問い合わせの対応を短くする手段についての提言と、「問い合わせ発生要因一覧シート」を作成した。

本研究の成果として、事前に問い合わせ件数の予測が出来るようになり、様々な事前準備が可能になると考える。従来は、問い合わせ件数の増加に追従して、人員の増員を行って来た。しかし、人員手配に時間がかかり人員が手配できるまではユーザの満足は得られなかった。そこで、本研究の成果から、事前に問い合わせ件数の増加を知り人員の手配を行うことで品質が向上する。同様に、保守工程に適切な人数で対応できることによって、生産性も向上すると考える。

尚、本章の結果が適用できる範囲としては、1.5.5 項で述べた特徴を持つシステムで、かつ開発プロジェクトの納期達成か未達成かの識別ができれば適用できるのではないかと考える。

### 3.5.2 今後の課題

今後の課題として、以下が挙げられる。

#### 1) ユーザ側の習熟度向上の難しさ

企業 A からのコメントとして、ユーザ側の習熟度を向上させるには、情報システム部門が行う教育などが考えられるが、費用面で課題となる。また、習熟度は、ユーザ自身が職場異動などで交代した場合、一気に悪化する。このような場合の、対応方法が難しい。

#### 2) 納期遅れについて

納期未達保守プロジェクトの分析を行ったが、納期がどの程度遅れたかについては、分析されていないため、これを加える必要がある、などがあり、これは今後の課題である。

## 4 保守工程における増築判断時期と

### その費用の予測モデルの提案

#### 4.1 本章における目的と概要

##### 4.1.1 本章の目的

前章では、ユーザからの問い合わせに注目し、システムを開発したプロジェクト及びそのシステムを保守するプロジェクトの特徴と、問い合わせデータの間関係を明らかにした。次に本章では、1.3節で述べた、保守工程で頻繁に発生する、現状の機能への修正や追加などを目的とした「増築」に関して論じる。本章では、保守工程において、「増築」を判断する時期と、その費用（規模）を予測するモデルを提案する[57][58][102]。増築時期や費用の予測は、保守プロジェクトの管理者にとって人員や設備の計画立案のために重要となる。本章では、3章で得た要因別の問い合わせ件数曲線の特徴を基に、増築時期の推定方法、決定木を用いた費用（規模）予測モデルを提案し、増築時期とその費用（規模）が予測可能であることを示す。

##### 4.1.2 増築判断日の推定及び増築規模率における提案モデルの概要

本論文の議論の対象は、前章と同様に保守工程における人員や設備の計画立案の事前準備の段階を考えることである。具体的には、ユーザが情報システム部門に「問い合わせ」をする。情報システム部門はその問い合わせの「回答」とともに、ユーザが「増築」を必要とするならば、その決定とどの程度の規模になるかも回答する。この回答に際し、従来、情報システム部門は、経験と勘に頼り、決算権限者に許可を得た上で、回答をしていた。しかしながら、情報システム部門はすぐにユーザに回答したい、またユーザとしてもそれらの情報を、正確ではないにしても、概略で良いので即答して欲しいという要望があった。そこで「問い合わせの対応時間、頻度」と開発プロジェクトの基本的性格である「納期の達成程度」と「情報システムの規模累積率」より「情報システム増築を判断する日時（増築判断日）」と「その規模（予定増築規模率）」が把握でき、ユーザに回答できることを考えていく。ここで、「納期の達成程度」とは、納期に間に合ったかどうかである（詳細は4.1.4項）。この納期に間に合わなかった情報システムは、3章で述べた通り、保守工程中、問い合わせが続くと考えられている。尚、本論文では問い合わせ内容そのものには踏み込まない。理由として、企業Aにおける問い合わせ内容の難易が時間や回数に比例していることが経験的に得られている。したがって、問い合わせの総時間と回数、間隔が、問い合わせにおける内容の代理変数になり得ると考えた。また「増築判断日」を対象とした理由として、情報システム部門は問い合わせの量から、情報システム増築に必要な工数や規模をある程度予測し、ユーザからの情報システム増築相談が来る前に、人員や、資源（テストサーバなど）を確

保しておき、増築が決まったらスムーズに開発できる体制を作っておくことが理想である。つまり、増築判断日には、規模や人員、納品日などほとんどの内容が決まっており、この日時を知ることが重要である。そのような理由から「増築判断日」を対象とした。

次にまず議論に入る前に、分析で用いるデータについて説明する。対象保守プロジェクトは、企業Aの六つの大型保守プロジェクトを利用した。表4-1が基本データである。プロジェクトID別に、そのシステム対象、納期達成評価、そして増築回数である。納期達成評価とは、納期の達成度合いを5段階評価したもので、「1年以上の遅れは5」から「予定通りの納品は1」と情報システム部門が評価した結果である（詳細は4.1.4項）。「問合わせ」に関するデータは、1.5.4項で述べた「問合わせ管理シート」を利用した。これを時間軸で表したものが図4-1である。横軸が年月日、縦軸が問合わせの累積対応時間とその件数である。累積対応時間は折れ線グラフ、件数は棒グラフで表す。このようなデータの中で、本論文では、対象とする「問合わせ」を

- ・使い方や確認などは省き、システムの欠陥や根本エラーなど情報システム増築の議論と考えられるもの
- ・問合わせによって、増築判断時期が明確で、かつ増築後も引き続き運営しているものという条件に絞った。その結果、全プロジェクトの情報システム増築判断及び増築が行われた41回のデータを対象とする。

#### 4.1.3 情報システム増築時の判断日

本論文では累積の問合わせ時間をロジスティック曲線[29][76]に回帰する。その根拠として次が挙げられる。

3章で述べたように、納品直後は、情報システム部門とユーザ双方ともすぐに欠陥やエラーが理解できず、簡単なやり取りに終始する（以下、問合わせ初期）。やがてシステム自体を理解してくるとユーザは情報システム増築の要望箇所を、情報システム部門は増築箇所の確認や設計仕様の確認などで、やり取り時間が長くなり（以下、問合わせ中期）、増築判断後、納品に合わせて確認の短いやり取りになっていく（以下、問合わせ後期）。このことから、問合わせの累積時間をロジスティック曲線と仮定する。

表 4-1 保守プロジェクトの基本データ

保守プロジェクトID ( <i>i</i> )	システム対象	納期達成評価	増築回数 ( <i>j</i> )
A01	生産管理系	納期通り(1)	6
A02	生産管理系	納期通り(2)	8
A03	生産管理系	納期通り(3)	5
A04	事務処理系	納期通り(2)	4
A05	販売管理計	納期通り(4)	5
A06	生産管理系	納期通り(5)	13

$$Q_{ij}(t) = \frac{K_{ij}}{1 + m_{ij}e^{-n_{ij}t}} \quad (4-1)$$

ただし、

$i (i = 1, 2, \dots, I)$  : プロジェクトの ID

$j (j = 1, 2, \dots, J)$  : 増築の回数

$t$  : 時間 (日)

$Q_{ij}(t)$  : 増築  $j-1$  回目を起点とし  $t$  日経過までのプロジェクト  $i$  における問合わせの累積時間

$K_{ij}$  : 問合わせ時間の累積合計のパラメータ

$m_{ij}, n_{ij}$  : パラメータ

である。また、増築判断日は、「問合わせ中期」の最も  $Q_{ij}(t)$  の増加率が大きい時間の一次式と仮定し、

$$DM_{ij} = \alpha \times \arg \max_t \left\{ \frac{dQ_{ij}(t)}{dt} \right\} + \beta \quad (4-2)$$

とする。ただし、

$DM_{ij}$  : 増築判断日

$\alpha, \beta$  : パラメータ

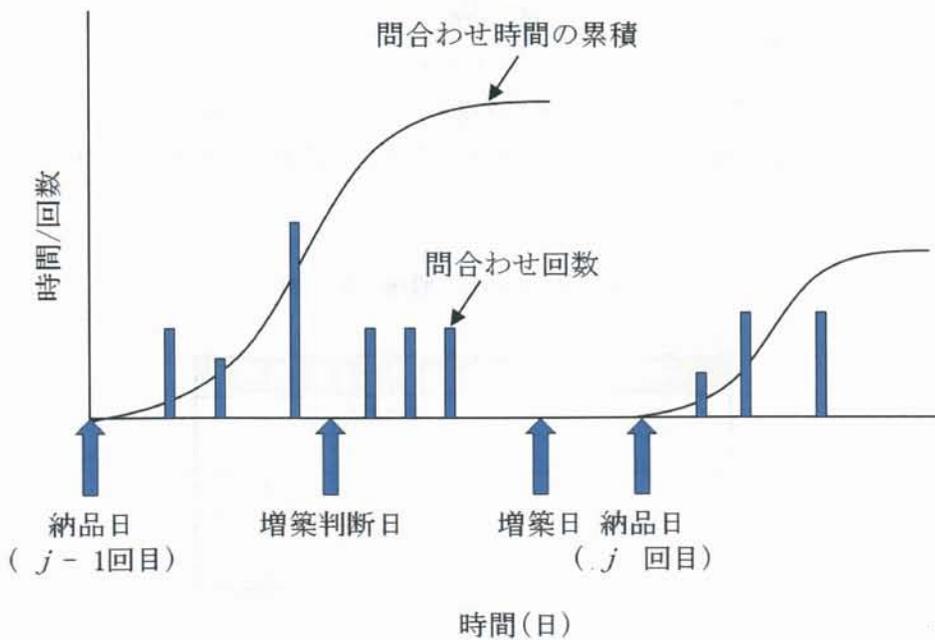


図 4-1 問合わせ時間と回数のグラフ

とした。  $\arg \max_t \left\{ \frac{dQ_{ij}(t)}{dt} \right\}$  とは、関数  $\frac{dQ_{ij}(t)}{dt}$  が最大となる  $t$  を表す。一次式に仮定した理由は、問合わせ時間の中期に増築の判断が行われることが多いため、この期の中で最も特徴的な  $Q_{ij}(t)$  の最大増加率が実際の増築判断日と比例的な関係にあるのではないかと想定したからである。

#### 4.1.4 予定増築規模率の予測モデルの提案

「情報システムの規模累積率」, 「納期の達成程度」, 「問合わせ頻度」の三つの入力項目から「予定増築規模率」を予測するモデルを決定木より構築する。決定木とは、投資の意思決定やマーケティングのデータマイニングなど幅広い分野で利用されており[67], 本論文においても複数かつ複雑な三つの入力項目を「予定増築規模率」に整理することが容易で、かつ実現場での利用可能性も高いことから適用した。

目的変数は「予定増築規模率」を三つのカテゴリ（早期, 中期, 後期）に分類した。入力項目を説明変数とし、「情報システムの規模累積率」, 「納期の達成程度」, 「問合わせ頻度」の三つで、「情報システムの規模累積率」と「問合わせ頻度」は実データを利用し、「納期の達成程度」に関しては5段階とした（表 4-2）。Qは四半期 Quarterly の意味で、昨今の情報システムは期の切れ目でリリースすることが多いため、この単位を用いた。納期ははじめの情報システム納品時に関するみの遅早である。増築後の納期に関しては、保守中はユーザと情報システム部門がある程度、増築の難易度を理解し、双方合意の上の納期設定になることが多く、納期早遅による情報システムへの影響はほとんどないため、考えないこととした。「問合わせ頻度」は実データを5段階に変換した（表 4-3）。これは実現場での利用を想定してのことである。これらの変数より決定木を構築する。

表 4-2 納期に関する評価事項

評価	概要
1	納期通り
2	1Q遅れ
3	2Q遅れ
4	3Q遅れ
5	4Q遅れ以上

表 4-3 問い合わせ頻度に関する値

評価	問い合わせ頻度 ( $\lambda$ )	概要
1	$\lambda \leq 0.1$	ほとんど来ない
2	$0.1 < \lambda \leq 0.3$	たまに来る
3	$0.3 < \lambda \leq 0.5$	来る
4	$0.5 < \lambda \leq 0.7$	まあまあ来る
5	$0.7 < \lambda$	頻繁に来る

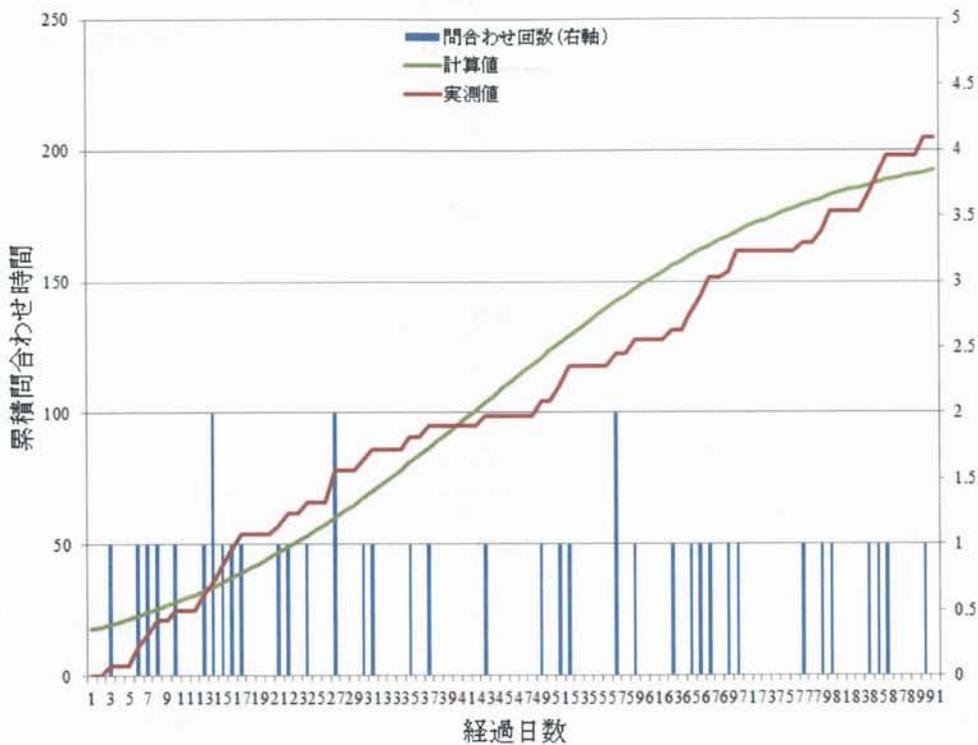


図 4-2 実データの推移 (A06,7 回目の増築時)

## 4.2 実データによるモデルの検証と情報提供シートの提案

### 4.2.1 企業 A のデータによる推定

観測したデータ 41 個を用いて、4-1 式のパラメータ推定を増築別に行う。すなわち、41 本の推定式を求める。図 4-2 がプロジェクト A06 の 7 回目 (以下、A06-7 とする) の増築時の推移 (実測値、推定値及び問い合わせ回数) である。4-1 式のロジスティック曲線は、線

表 4-4 テストデータによる予測値と実測値, MRE, MER

テストデータ	増築判断日		予定増築規模率	
	予測値	実測値	予測値	実測値
T01	55	23	A	A
T02	14	2	A	A
T03	13	4	A	A
T04	43	52	C	A
T05	43	38	C	A
T06	172	128	B	B
平均MRE	1.70		0.67	
平均MER	0.46		0.22	

形式に変換することにより単回帰分析により求めた[42]. A06-7の場合,

$$Q_{67}(t) = \frac{204.50}{1 + 3.71e^{-0.12t}} \quad (4-3)$$

となり, また決定係数は0.91である. 全てのプロジェクト*i*, 増築*j*で決定係数は0.8以上となった. また, 増築判断日については, 4-2式におけるパラメータ $\alpha, \beta$ の推定値を, 問合わせの累積時間の推定値及び実測値(41組)を用いて単回帰により求めた. その結果, 増

築判断日の推定値( $\hat{DM}$ )は,

$$\hat{DM} = 1.48 \times t^* - 15.62 \quad (4-4)$$

で与えられる. ここで,  $t^*$ は, 累積時間の推定式において最も累積時間の増加率が大きい時間を表す. また, 単回帰における決定係数は0.69であった. 例えば, プロジェクトA06

の7回目の増築判断日の推定値は,  $t^* = 43$ であるので,  $\hat{DM} = 48$ と求められる. これらのモデルを用いて, 増築判断日を推定し, 4.2.2項で提案する「情報提供シート」に利用する.

次に, 決定木を利用して情報システムの規模累積率, 納期達成程度, 問合わせ頻度の入力項目から「予定増築規模率」を予測するモデルを構築する. 41個の「実増築規模率」データより, 算出平均値±標準偏差×0.5を算出し, その範囲を予定増築規模「B:中(2パーセント±0.6パーセント)」とし, それ以下を「A:小」, それ以上を「C:大」とした. 決定

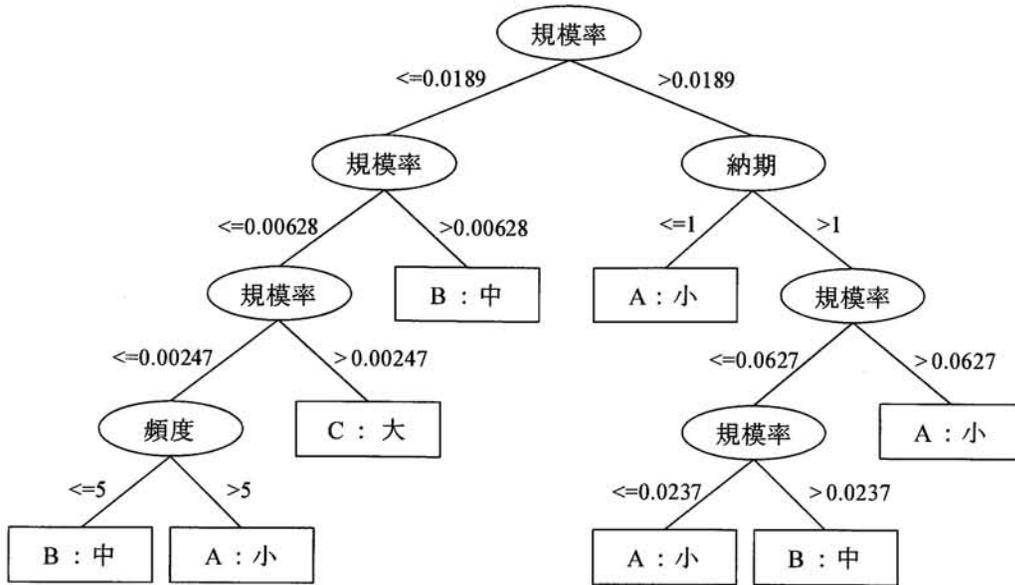


図 4-3 決定木の結果

木の学習アルゴリズムはC4.5[91]を用い、その結果が図 4-3 である。

適合率は 65.7 パーセント，再現率は 63.6 パーセントであった。はじめに右の枝木は「情報システムの規模累積率」が平均値周辺より大きい場合，納期を守ったシステムであれば「A：小」の予想規模率になり，納期が守れなくても累積規模率によって「A：小」もしくは「B：中」に分類される。左の枝木は，「情報システムの規模累積率」が 0.247 パーセントから 0.628 パーセントの範囲は「C：大」となり，0.247 パーセント以下でも，問合わせ頻度によって「A：小」もしくは「B：中」に分類される。この部分は小規模な増築であったため不満が残り，問合わせが多くなり，小さい増築が続いてしまうという状況が考えられる。全体的な考察として，今まで多くの規模をかけてきた情報システムに関しては，予定規模も少なくなる傾向があり，規模が少なく，問合わせも少ないと予定規模は大きくなる傾向が見られる。

最後に，増築判断日及び予定増築規模率の予測の精度を検討する。検討するテストデータとしては，企業 A の新規プロジェクトで，4.1.2 項のはじめに述べた条件に適合した，6 個のデータ (T01 から T06) を使う。評価基準は，文献[52][100]を参考に実測値を分母におく相対誤差 MRE(Magnitude of Relative Error)と予測値を分母におく相対誤差 MER(Magnitude of Error Relative)を用いた。MRE が高い値ならば予測が過大見積もりであり，MER が高い値ならば予測が過小見積もりとなる[52]。表 4-4 がテストデータをモデルに適用し計算された予測値と実測値，及び 6 データの MRE，MER の平均値である。ここから MRE が高い値であるため，過大見積もりということが判る。特に，予定規模増築率の予測に関して，T04 と T05 は 2 段階の誤差があった。そこで，企業 A にこの結果を見せたところ，規模に関して

見積もりが高く、実際は少なくすめば、それは許容範囲であるという意見であった。したがって、実現場での利用の観点からは、予測は可能ではないと思われる。また、増築判断日に関して、T02とT04の差が大きい。この二つのデータシートを改めてみると、増築後に新規の増築必要性が早い段階で見つかり、かつ比較的簡単なものであったことから、意思決定日が短いということであった。このようにシステム及び開発難易度も含めた予測モデルを検討する必要がある。

#### 4.2.2 情報提供シートの提案

ユーザ、情報システム部門双方が必要とする情報は把握しやすいものが望ましい。さらには精緻なデータではなく、4.2節でも述べた通り「正確ではないにしても、概略でも良いので即答して欲しいという要望」に沿ったものにする必要がある。そこで、4.2節より求めた「増築判断日」と「予想増築規模率」から総合的に、かつ簡易に提示できる「情報提供シート」を提案する（表 4-5）。

縦軸が予定増築規模の大小で、図 4-3 の決定木を利用して「大、中、小」を判断する。横軸は増築判断日の早遅であり、「早期」は早い時期に増築判断日が来ることを意味する。この軸への当てはめは、出力値の増築判断期「中期（平均 46 日±標準偏差 9 日）」とし、それ以上と以下で当てはめた。

「資源確保」とは、開発に関わる人員（SE、PG、プロジェクトマネージャ）、サーバ設備、利用環境などを準備することである。したがって、例えば「増築判断時期：後期、予定増築規模：大」となった場合、判断時期は先であるため、資源の確保ができるかの確認を喚起することである。「増築判断時期：中期、予定増築規模：大」のときは、資源確保の必要量を明確にし、かつ増築のための要件の範囲を特定することに注意する。そして「増築判断時期：早期、予定増築規模：大」の場合は、資源確保が絶対命題となり、かつ増築要件の詳細までの特定を急ぐ必要がある。この予定増築規模が少なくなっていく、かつ判断時期が早まるにつれて、喚起内容が緩和されていくシートになっている。

この情報提供シートを構築することで、情報システム部門、ユーザ双方は情報システム増築に対する意識を共有することによって、生産性及び品質向上に寄与することができたと考える。

表 4-5 情報提供シートの一覧

増築判断時期 予測増築規模	早期	中期	後期
小	資源確保状態の確認	なし	なし
中	増築要件概要範囲特定 資源確保必要量の確認	資源確保状態の確認	なし
大	増築要件詳細範囲特定 資源確保内示の開始	増築要件概要範囲特定 資源確保状態の確認	資源確保状態の確認

## 4.3 本章のまとめと今後の課題

### 4.3.1 本章のまとめ

本章では、情報システムの保守工程での増築に注目し、ユーザとメーカー双方が意識しなければならない「情報システム増築を判断する時期とその費用」という情報を提供するために、実データからモデルを構築し、評価を行った。この評価から、実現場での利用が可能であることを示した。

本研究の成果として、増築の規模及び時期の予測が出来るようになり、様々な事前準備が可能になると考える。従来、増築の準備は、ユーザからの依頼を発端にテストサーバや人員の増員を行って来た。しかし、ユーザからの相談をきっかけに、テストサーバや人員手配を行うために、増築を行うまでに時間がかかりユーザの満足は得られなかった。そこで、本研究の成果から、事前に増築の規模と時期を知り、そこからテストサーバや人員の手配を行うことで品質が向上する。同様に、事前に増築への準備が可能になり、増築の納期が短縮でき生産性も向上すると考える。これに加えて、本研究に対する企業 A からの好意的な下記のコメントがある。

- 1) 情報システム増築に関する情報を今まで経験則からユーザ、上司に回答してきたが「情報提供シート」により整理されることで、伝えなければならない回答内容が明確になったことは評価できる。
- 2) 情報システム増築をユーザからの提案だけでなく、情報システム部門から先に提案できることから、増築後の運営タイミングを早めることができるかもしれない。
- 3) 管理者の管理ポイントが明確になる。また、管理者だけでなく、保守担当者自身から情報システム増築の喚起が可能になる。
- 4) 仮に、PG をベンダへ手配する場合、予め交渉時間を確保できるため、全体の情報システム増築スケジュールを守れ、短縮できるのではないかとと思われる、という好意的な意見があり、これらも本研究の成果と考える。

尚、本章の結果が適用できる範囲としては、1.5.5 項で述べた特徴を持つシステムで、開発プロジェクトの納期の達成程度及び保守プロジェクトの増築タイミングの情報があれば適用できるのではないかと考える。

### 4.3.2 今後の課題

今後の課題として、以下が挙げられる。

- 1) 情報システム増築は費用が発生するので、その程度や経済動向によっては先送りすることがしばしばある。したがって、経済指標を入れるべきである。
- 2) 情報システム増築といえども、要件定義から開発、テストという上流工程は必ず実施される。したがって、打ち合わせ時間、人数なども考慮する必要がある。
- 3) 増築要件のポイントを自動で示唆できる検討が必要である。

4) 入力情報から出力情報までを一貫した、保守工程支援システムとして提供する必要がある、  
などがあり、これは今後の課題である。

## 5 保守工程の保守担当者交代における 判定指標の提案

### 5.1 本章における目的と概要

#### 5.1.1 本章の目的

前章では、保守工程における増築タイミングとその規模を予測するモデル構築について論じた。次に本章では、保守工程における人員計画について考察した。一般的に保守工程の初期においては能力の高い人員が配置されているが、プロジェクトの収束、新規プロジェクト立ち上げや属人化回避のために、能力の高い人員を他のプロジェクトに移動または新人への交代を行うことがある。本章では、3章で得た問合わせ件数曲線の分析結果を基に、人員を交代する時期を判定する指標の提案を行った[13][14][15][16][17][94]。そして、実データによる評価を行い、提案した判定指標が有効であることを示す。

表 5-1 分析対象データ

保守プロジェクトの基本情報									保守プロジェクトの付随情報	
保守プロジェクトID	対象システム分類	交代有無	総投資規模 順位	PJの 対応 件数	PJの 合計 対応 時間	第一水準 対応件数	第二水準 対応件数	データ 収集 期間 (日)	利用 時間 (時間)	利用者数 (人)
A01	生産管理系	非交代プロジェクト	3	492	713	403	89	1442	24	10
A02	生産管理系	非交代プロジェクト	8	126	881	97	29	852	24	10
A03	生産管理系	非交代プロジェクト	7	120	601	97	23	596	24	20
A04	販売管理系	非交代プロジェクト	1	135	716	79	56	356	8	30
A05	生産管理系	非交代プロジェクト	9	195	1012	127	68	1008	24	20
A06	事務処理系	非交代プロジェクト	4	309	1190	298	11	699	8	10
B01	原価計算系	交代プロジェクト	5	59	63	54	5	1152	8	10
B02	生産管理系	交代プロジェクト	2	25	39.1	21	4	1108	8	10
B03	販売管理系	交代プロジェクト	6	56	62.6	48	8	897	8	10

### 5.1.2 保守担当者交代における判定指標の概要

本論文の議論の対象は、前章と同様に保守工程における人員や設備の計画立案の事前準備の段階を考えることである。具体的には、プロジェクトの収束、新規プロジェクト立ち上げや属人化回避のために、能力の高い人員を他のプロジェクトに移動または新人への交代を行うことがある。しかし、これらの判定は、管理者が熟練のプロジェクトマネージャの過去の経験や、勘により決定を行っていた。そこで、保守プロジェクトのデータから、何が交代を判定する要因となっているかを既に交代を行っているプロジェクトとまだ交代を行っていないプロジェクトを分析し、保守担当者の交代における判定指標を明らかにすることである。これによって、管理者は定量的に判断を下すことが出来るようになる。

まず議論に入る前に、分析で用いるデータを表 5-1 に示し、その詳細を説明する。

#### 1) 保守プロジェクト ID

保守プロジェクトの識別を表す。尚、ID の先頭一文字目の A は非交代プロジェクトを表し、B は交代プロジェクトを表す。

#### 2) 対象システム分類

該当保守プロジェクトで提供する機能の業務分類を示す。

#### 3) 交代有無

非交代プロジェクトか交代プロジェクトかの識別を示す。

#### 4) プロジェクトの対応件数、プロジェクトの合計対応時間

表 5-1 のデータ収集期間の範囲における、問い合わせへの対応件数と対応時間の合計である。

#### 5) 第一水準対応件数、第二水準対応件数

該当保守プロジェクトの第一水準及び第二水準の対応件数である。

#### 6) データ収集期間

保守プロジェクト開始後から最後に問い合わせが発生した日までの総日数を表す。ただし、交代プロジェクトについては、保守プロジェクト開始から2年経過後からのデータである。その理由は、本データの交代プロジェクトは保守プロジェクト開始から保守担当者が交代を行うまでの約2年間データ収集する仕組みがなく、データが存在しないからである。

#### 7) 利用時間、利用者数

利用者に保守プロジェクトを開放している1日の時間と、この情報システムを利用するおおよその総人数を指す。

次節では、このデータを用いて、累積対応件数と1日あたりの対応件数を交代プロジェクト及び非交代プロジェクトに層別しデータ分析を行う。

## 5.2 データ分析の実例

### 5.2.1 累積対応件数の傾向分析

問合わせを第一水準と第二水準に層別して、累積対応件数の傾向を交代プロジェクト及び非交代プロジェクトごとに調べた。例として非交代プロジェクトの A01, A02 及び交代プロジェクトの B01, B02 の場合を図 5-1, 図 5-2, 図 5-3 及び図 5-4 に示す。交代プロジェクト及び非交代プロジェクトともに、第二水準の問合わせと第一水準の問合わせを比較すると、第一水準の問合わせは、増加傾向を示している。一方、第二水準の問合わせは、停滞傾向であることが示された。また、他の保守プロジェクトも同様な傾向が示された。

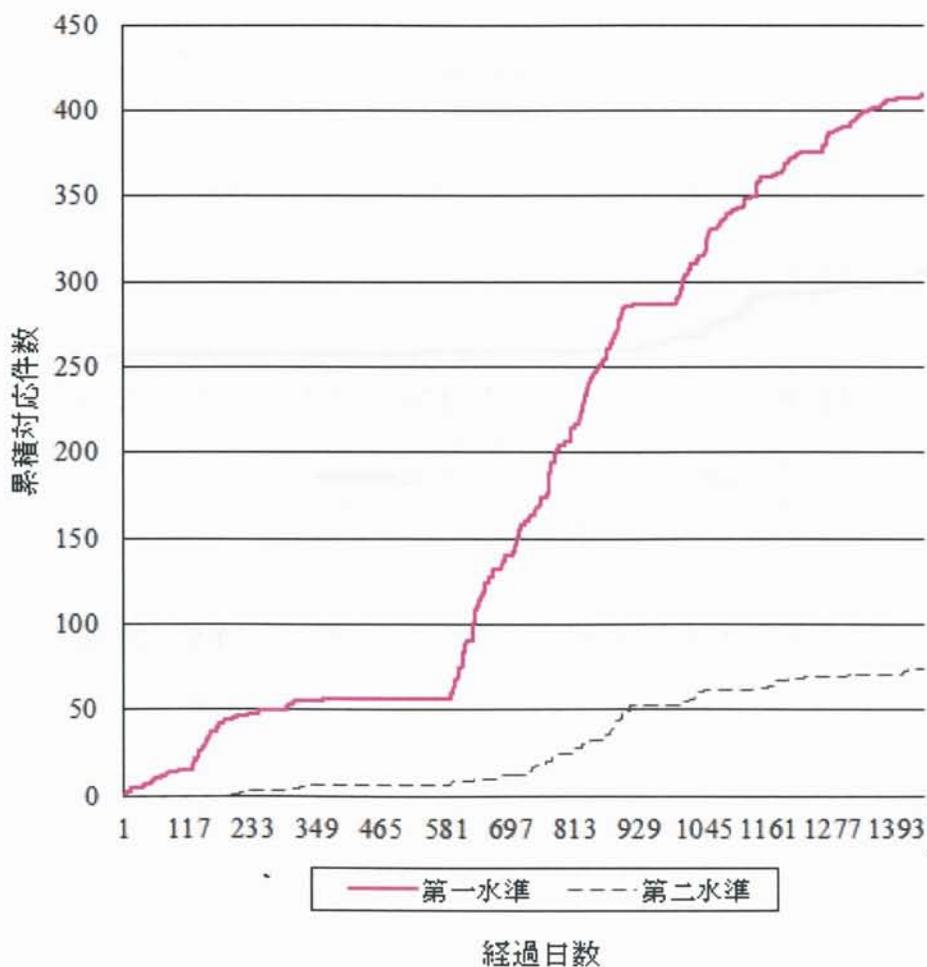


図 5-1 累積対応件数の成長曲線(保守プロジェクト A01 の場合)

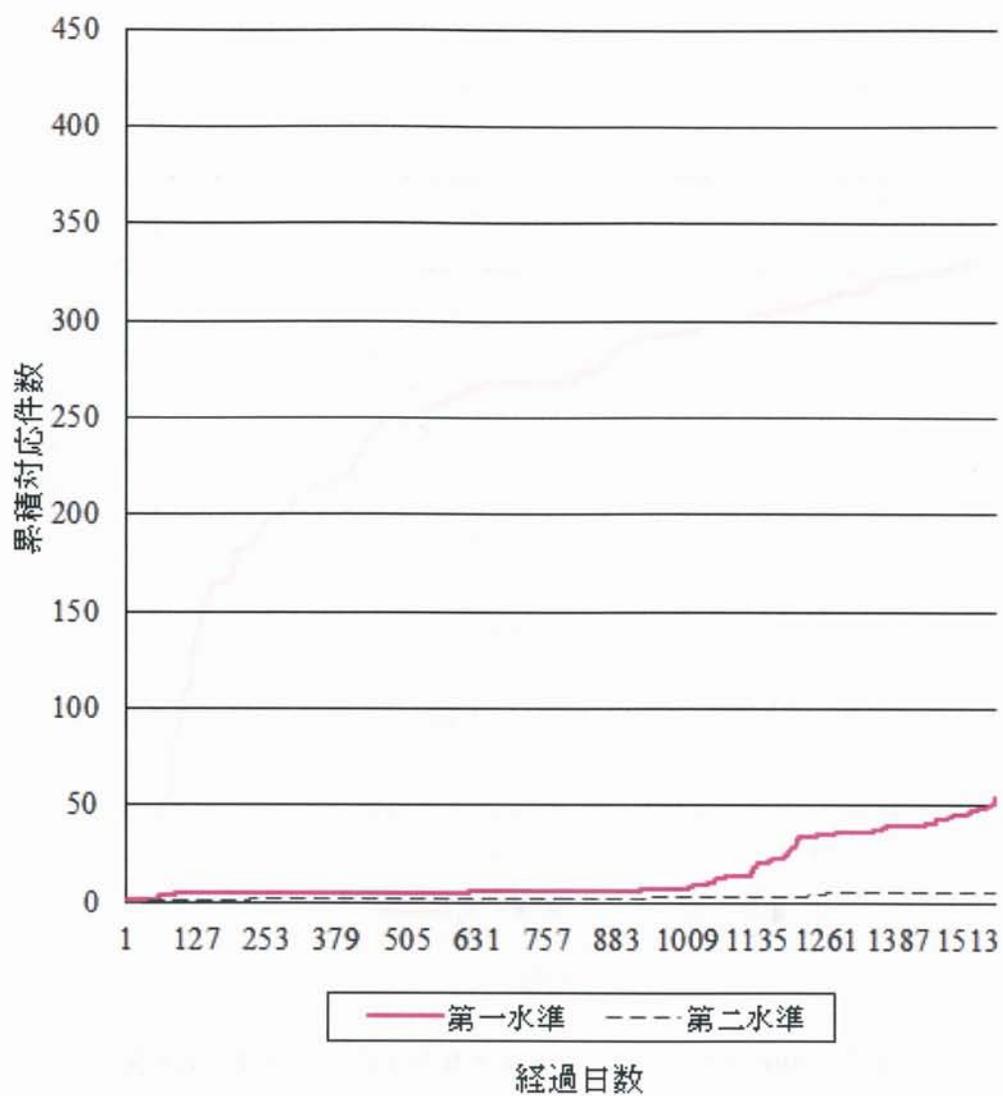


図 5-2 累積対応件数の成長曲線(保守プロジェクト B01 の場合)

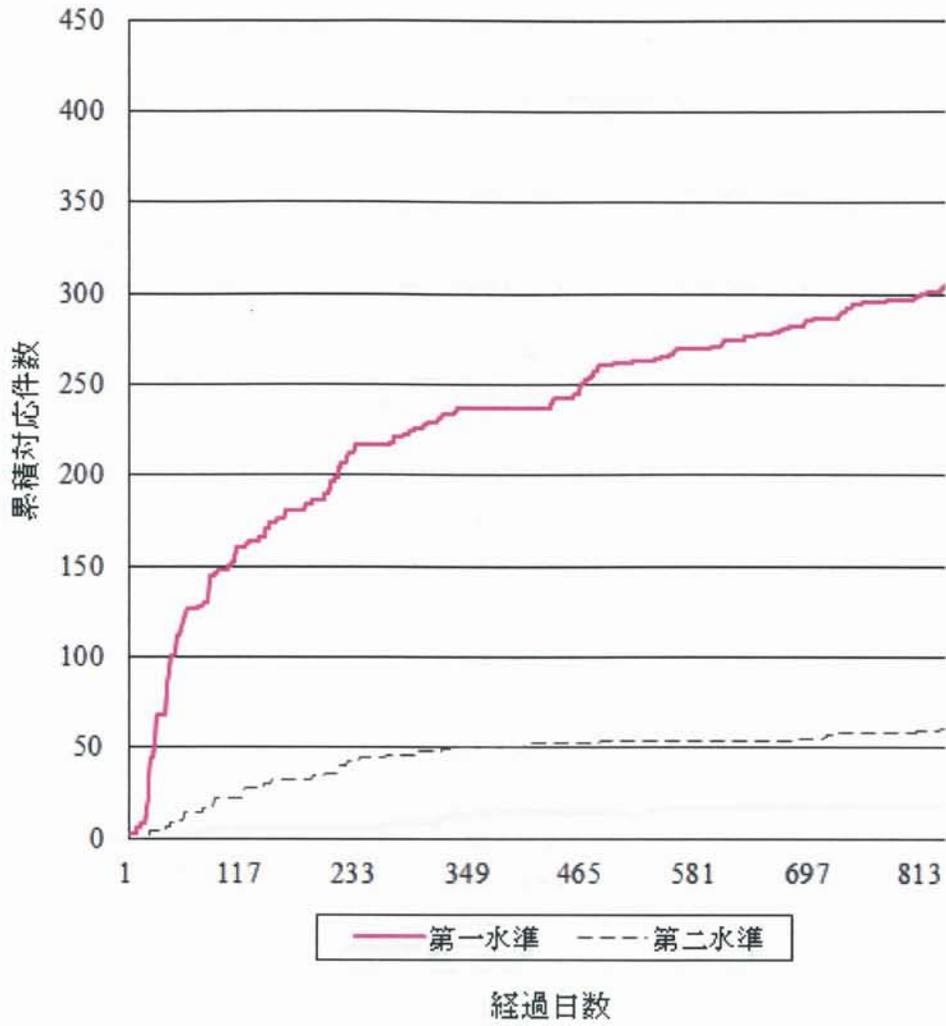


図 5-3 累積対応件数の成長曲線(保守プロジェクト A02 の場合)

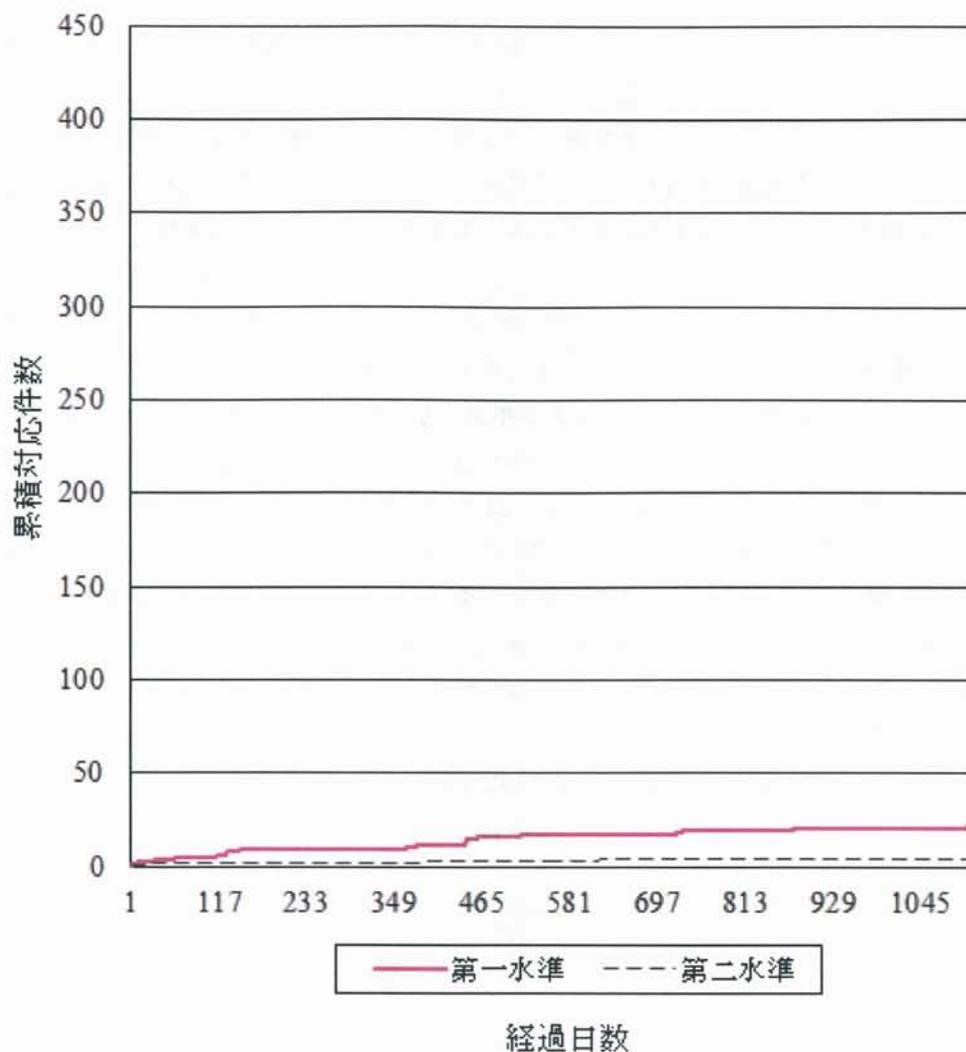


図 5-4 累積対応件数の成長曲線(保守プロジェクト B02 の場合)

### 5.2.2 1日あたりの対応件数の傾向分析

交代プロジェクト及び非交代プロジェクト別の1日あたりの対応件数の比較を行った。1日あたりの対応件数とは、データ収集期間に発生した対応件数をその期間で除算した値である。この結果を表 5-2 に示す。表 5-2 には、保守プロジェクトごとに、3章でも用いた問合わせに対する二つの目標水準に分類し1日あたりの対応件数を示した。表 5-2 より交代プロジェクトと非交代プロジェクトの相違点は、交代プロジェクトは対応件数が少なく、第一水準の問合わせが多い傾向であることが明らかになった。この傾向の詳細を以下に記す。

1) 交代プロジェクトは対応件数が少ない

表 5-2 を見ると、1 日あたりの対応件数に関して A01 は 0.341 (件/日) に対して、B01 は、0.051 (件/日) であり、B01 は A01 に比して 1/6 程度と少ないことが判る。このことを、検定を用いて差の比較を行った。検定は、表 5-2 に示した 1 日あたりの対応件数を用い、交代プロジェクトと非交代プロジェクトの差の比較を Mann-Whitney 検定 (2 個の独立したサンプル) を行った。この結果、有意水準 (両側) 5 パーセントにおいて有意差が認められている。

2) 交代プロジェクトでは第一水準の間合わせが多い

次に交代プロジェクトでは表 5-2 を見ると、非交代プロジェクトの A01 の第一水準のデータは、0.279 (件/日) に対して、第二水準のデータは 0.062 (件/日) であり、第一水準のデータは第二水準のデータに比して約 4.5 倍であることが判る。これに対して、交代プロジェクトの B01 の第一水準のデータは、0.047 (件/日) に対して、第二水準のデータは 0.004 (件/日) であり、第一水準のデータは第二水準のデータに比して約 11 倍である。このように、交代プロジェクトは第二水準の間合わせが少ない傾向を示した。このことを、検定を用いて差の比較を行った。検定は、表 5-2 に示した 1 日あたりの対応件数の第一水準及び第二水準を用い、交代プロジェクトと非交代プロジェクトの比較を Mann-Whitney 検定 (2 個の独立したサンプル) を行った。この結果、有意水準 (両側) 5 パーセントにおいて有意差が認められている。尚、上記、分析に用いた統計ソフトウェアは、R のバージョン 2.14.1 を用いて行った。

## 5.3 交代可否の判定基準と判定指標の提案

### 5.3.1 交代可否の判定基準の仮定

保守担当者の交代可否の判定基準を、1日あたりの対応件数（表 5-2）から検討する。本論文では、交代可否の判定は、5.2 節で述べたデータ分析の結果から、問合わせが少ないこと、及びその問合わせが第一水準にあれば、交代の判定を行っているのではないかと仮定した。この理由として、3 章で論じた通り時間経過に伴い問合わせが少なく対応に時間がかからなくなる頃には、ユーザと保守担当者の、コミュニケーションが良くなりソフトウェアに慣れることと、緊急な問合わせは出尽くしているため、交代が可能になるのではないかと考えるからである。そして、この仮定を基に、次項に述べる交代可否の判定指標を使って、判別直線により判断することを提案する。

### 5.3.2 交代可否の判定指標の導出

交代可否の判定指標については、表 5-2 で示したデータを用い判別分析により検討する。判別分析の方法は、目的変数として、交代プロジェクトを「1」とし非交代プロジェクトを「2」とし、説明変数として表 5-2 で示した「1日あたりの対応件数」の「第二水準」、「全件」とする。表 5-3 及び表 5-4 に判別分析の結果を示す。まず、表 5-3 は、判別分析によ

表 5-2 一日あたりの対応件数

保守プロジェクトID	交代有無	1日あたりの対応件数		
		第一水準	第二水準	全件
A01	非交代プロジェクト	0.279	0.062	0.341
A02	非交代プロジェクト	0.114	0.034	0.148
A03	非交代プロジェクト	0.163	0.039	0.201
A04	非交代プロジェクト	0.222	0.157	0.379
A05	非交代プロジェクト	0.126	0.067	0.193
A06	非交代プロジェクト	0.426	0.016	0.442
B01	交代プロジェクト	0.047	0.004	0.051
B02	交代プロジェクト	0.019	0.004	0.023
B03	交代プロジェクト	0.054	0.009	0.062

表 5-3 判別関数からの予測結果

元データグループ	判別関数から予測したグループ			
	度数		パーセント	
	非交代プロジェクト	交代プロジェクト	非交代プロジェクト	交代プロジェクト
交代プロジェクト	0	3	0.000	100.000
非交代プロジェクト	5	1	83.333	16.667

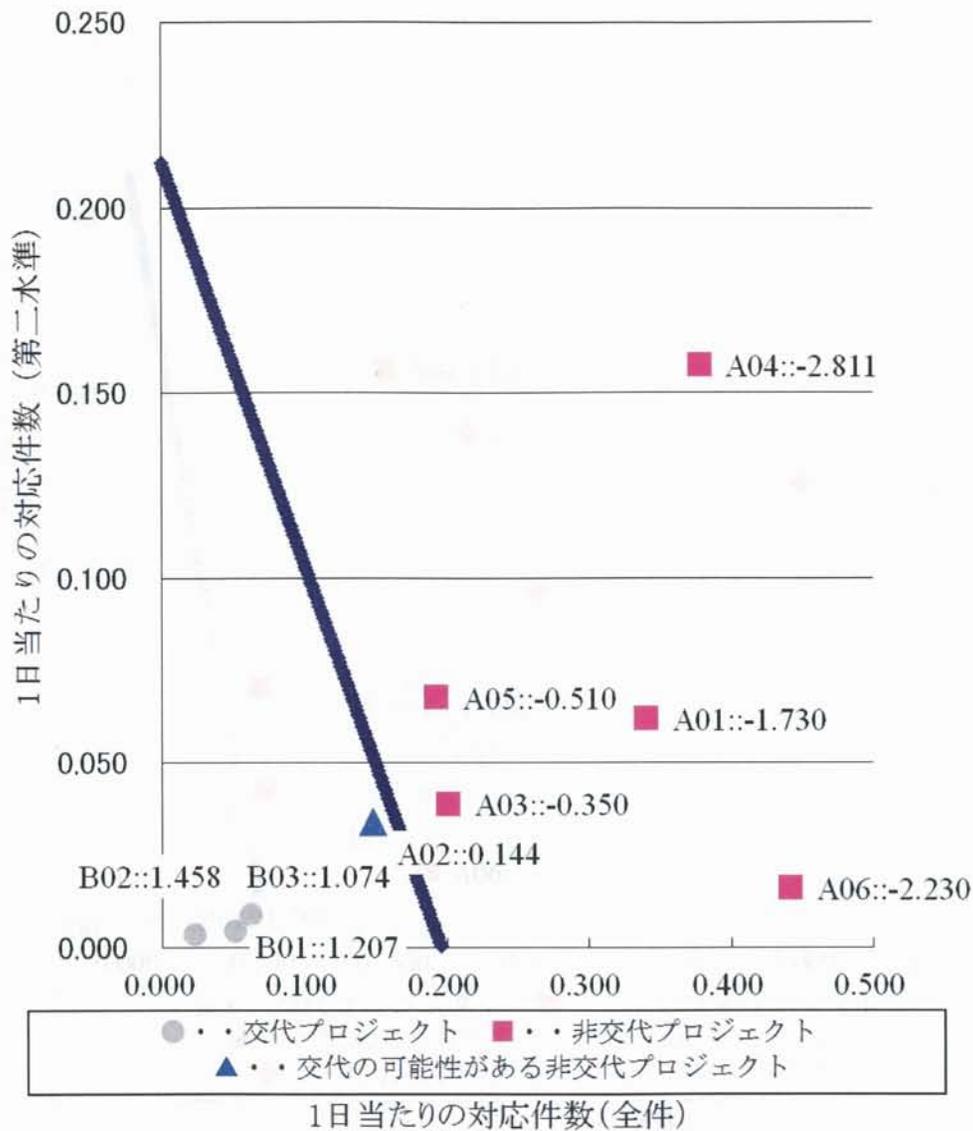


図 5-5 判定指標と判別分析からの散布図

り交代プロジェクトと非交代プロジェクトを判別した結果である。次に表 5-4 は、各保守プロジェクトについて判別分析により、交代プロジェクト、非交代プロジェクトのグループ判別及び判別得点を示している。そして、表 5-2 に示した各保守プロジェクトについて、横軸に「1日あたりの対応件数」の「全件」をとり、縦軸にその「第二水準」をとり、各保守プロジェクトの散布図を図 5-5 に示す。尚、図中に各保守プロジェクトについて表 5-4 で示した判別得点を追記した。さらに図 5-5 に、判別分析で得られた判別直線を示す。こ

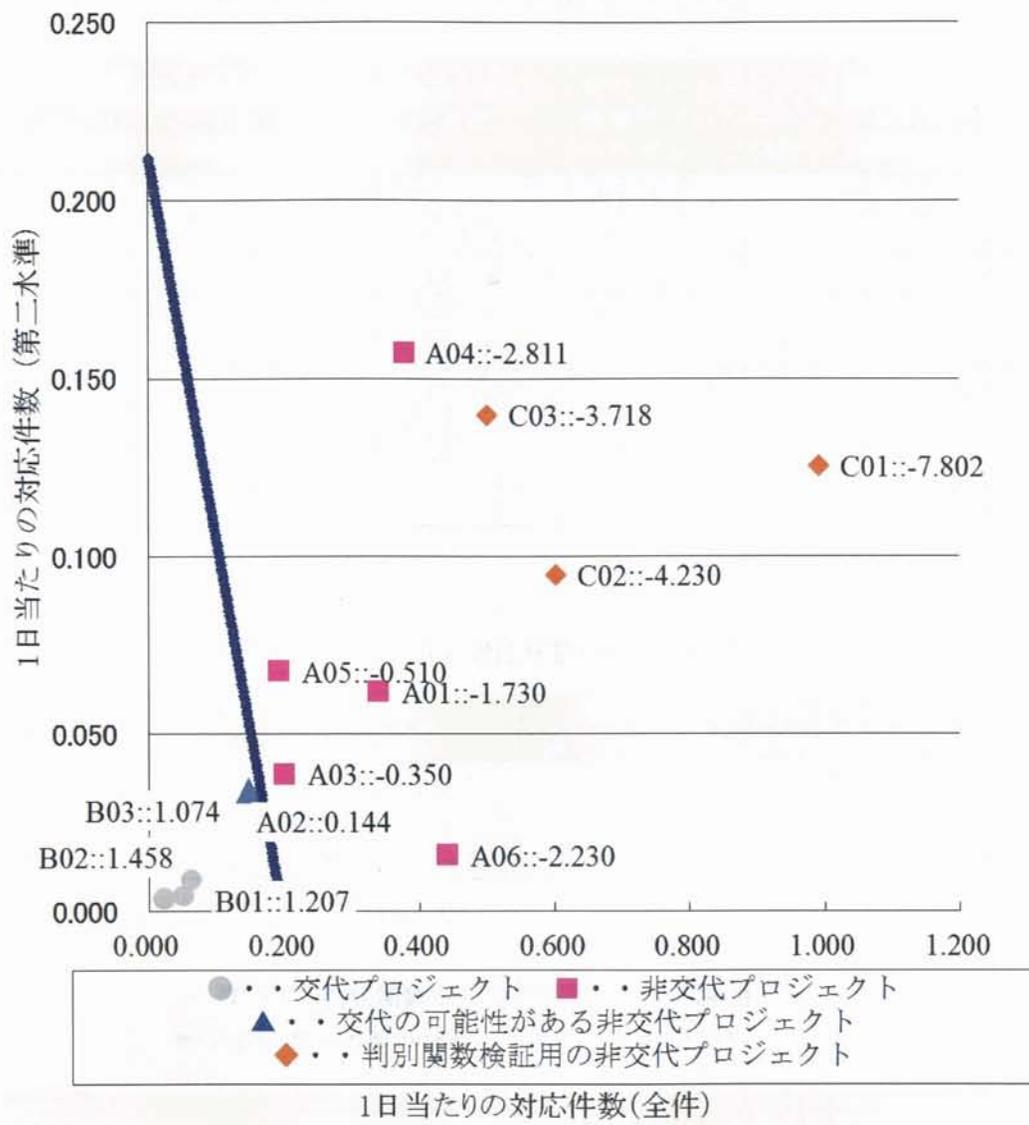


図 5-6 判定指標検証用の散布図

これらの結果より、「A02」を除き交代プロジェクトと非交代プロジェクトを判別できることが導出された。

次に、非交代プロジェクトであるが交代プロジェクトであると判別された「A02」について、その理由を検討する。「A02」については、表 5-2 より、現在非交代プロジェクトの中で「1日あたりの対応件数」について、「第二水準」及び「全件」が比較的少なく、前項で仮定した交代可否の判定基準に適合しているからであると考えられる。

表 5-4 判別関数からの判別結果と判別得点

保守プロジェクトID	交代有無	交代プロジェクト、 非交代プロジェクト のグループ判別	判別得点
A01	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-1.730
A02	非交代プロジェクト	交代プロジェクト	0.144
A03	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-0.350
A04	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-2.811
A05	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-0.510
A06	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-2.230
B01	交代プロジェクト	交代プロジェクト	1.207
B02	交代プロジェクト	交代プロジェクト	1.458
B03	交代プロジェクト	交代プロジェクト	1.074

表 5-5 一日あたりの対応件数(判定指標検証用)

保守プロジェクトID	交代有無	1日あたりの対応件数		
		第一水準	第二水準	全件
C01	非交代プロジェクト	0.866	0.125	0.992
C02	非交代プロジェクト	0.508	0.095	0.603
C03	非交代プロジェクト	0.362	0.140	0.501

表 5-6 判別関数からの判別結果と判別得点  
(判定指標導出に用いなかった非交代プロジェクト)

保守プロジェクトのID	交代有無	交代プロジェクト、 非交代プロジェクト のグループ判別	判別得点
C01	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-7.802
C02	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-4.230
C03	非交代プロジェクト	非交代プロジェクト	-3.718

### 5.3.3 交代可否の判定指標の有用性検証

次に、5.3.2 項で導出した判定指標の検証を、表 5-5 に示す三つの非交代プロジェクト (C01, C02 及び C03 とする) のデータを検証データとして用いることにより行った。表 5-6 及び図 5-6 にその結果を示す。表 5-6 に示すように、判別得点は、全て負の値が導出され

非交代プロジェクトと判別された。尚、図 5-6 に、C01、C02 及び C03 を示している。これらの結果から導出した判定指標は、今回のデータにおいていえることであるが、交代プロジェクトと非交代プロジェクトを判別できることが検証できた。

以上より、交代可否の判定指標を「保守プロジェクトの 1 日あたりの対応件数が少なく、その問合わせ件数が第一水準にある」を一つの判定指標とすることが、意思決定の際に有意義であることを示すことができた。尚、上記の分析には、統計ソフトウェアの、R のバージョン 2.14.1 を用いて行った。

次に、1.3 節で述べたように、この判定指標を現場で利用する場合、計算が複雑で導入が困難である。このため判定指標は、簡易に利用できる必要があると考えた。そこで、「保守担当者交代判定シート」を作成した。これは、インプットに「第二水準」及び「全件」の一日あたりの問合わせ件数を入力することによって、図 5-5 を自動で生成し意思決定を支援するシートである。作成した「保守担当者交代判定シート」のイメージを表 5-7 に示す。このように、「保守担当者交代判定シート」を作成したことによって、現場において誰もが簡易に保守担当者における交代の判定を可能とし、生産性及び品質向上に寄与できたと考える。

表 5-7 保守担当者交代判定シート

### 保守担当者交代判定シート

パラメータ	値
$\beta_1$	-8.562368
$\beta_2$	-7.905777
$\alpha$	1.679392

保守プロジェクト	保守プロジェクトと判別得点	一日あたりの対応件数 (全件)	一日あたりの対応件数 (第二水準)	判別得点
A01	A01::-1.730	0.341	0.062	-1.730
A02	A02::0.144	0.148	0.034	0.144
A03	A03::-0.350	0.201	0.039	-0.350
A04	A04::-2.811	0.379	0.157	-2.811
A05	A05::-0.510	0.193	0.067	-0.510
A06	A06::-2.230	0.442	0.016	-2.230
B01	B01::1.207	0.051	0.004	1.207
B02	B02::1.458	0.023	0.004	1.458
B03	B03::1.074	0.062	0.009	1.074

## 5.4 本章のまとめと今後の課題

### 5.4.1 本章のまとめ

本章では、情報システムの保守工程における、保守担当者の交代の判定指標について、提案とその評価指標における評価を行った。この評価から、評価指標として「保守プロジェクトの1日あたりの対応件数が少なく、その間合わせ件数が第一水準にある」が有効であることを示すことができた。これに加えて現場で利用できる、「保守担当者交代判定シート」を作成した。

本研究の成果として、保守担当者の交代の判定指標が定量的になり、管理者が適切な判断が行えるようになったと考える。従来、管理者は、現在担当している保守プロジェクトの品質が低下することを懸念し、保守担当者の交代が行えなかったが、本研究の成果から、定量的な判定が可能になり、保守プロジェクトの品質を低下することなく交代が可能となる。同様に、交代が可能になったことにより、新規プロジェクトに能力の高い人員を投入でき、生産性も向上すると考える。これに加えて、本研究に対する企業Aからの好意的な下記のコメントがある。

#### 1) 図 5-5 による判定結果について

図 5-5 において非交代プロジェクトであると判定された「A02」については、安定傾向にある保守プロジェクトであり、保守担当者を交代する最も有力な候補である。また、「A03」や「A05」は近く交代ができると感じている保守プロジェクトであり、「A04」は交代が困難と感じている保守プロジェクトである。これらのことから、図 5-5 のイメージは現場の感覚とも合致しており、現場でも活用できると思われる。

#### 2) 保守担当者交代判定シートについて

このシートは、「第二水準」及び「全件」の一日あたりの間合わせ件数を入力することによって、交代の判定の見える化ができるため、決算権限者への説明も容易である。また、判別分析の計算式を意識する必要がなく、便利である、などの意見があり、これらも本研究の成果と考える。

尚、本章の結果が適用できる範囲としては、1.5.5 項で述べた特徴を持つシステムで、保守プロジェクトの保守担当者の交代の有無が識別できれば適用できるのではないかと考える。

### 5.4.2 今後の課題

今後の課題として、以下が挙げられる。

#### 1) インプットデータについて

シートへの「第二水準」及び「全件」の一日あたりの間合わせ件数の入力、計算し入力する必要であり、これを自動化できると良い。

#### 2) 対象保守プロジェクトについて

今後、対象保守プロジェクトが増加した場合、再度判別分析を行う必要があり、そこま  
でを支援して欲しい、  
などの意見もあったが、これらは今後の課題である。

## 6 結論

### 6.1 結論

本論文では、「情報システム開発」の生産性及び品質向上に関する研究が必要と考え、情報システム開発におけるテスト工程及び保守工程の生産性及び品質向上について焦点を絞って論じた。まず2章のテスト工程は、設計部品の概念を用いて、仕様書作成時に設計部品を仕様書にマッピングさせる新たな設計部品リポジトリ手法の提案を行った。そして、この手法の評価を行い、現場での生産性及び品質向上への効果を示すことができた。そして3章以降は、保守工程を対象とした議論を行った。3章では、システムを開発したプロジェクト及びそのシステムを保守するプロジェクトの特徴と、問合わせデータ(対応件数、内容)の関係を明らかにすることができた。4章では、保守工程における問合わせデータを用いて、増築の判断時期とその規模を推定するモデルの提案を行った。そして、このモデルを相対誤差MREとMERを用いて評価し、現場における生産性及び品質向上へ寄与することができることを示した。5章では、問合わせデータから、保守担当者の交代を左右する判断基準を明らかにするための分析を行い、交代の可否を判定できる指標の提案を行った。そして、この判定指標の評価を、判別分析を用い、現場での生産性及び品質向上に対して活用が可能であることを示した。

以上、本論文で論じた新たな手法やモデルの提案が、情報システム開発におけるテスト工程及び保守工程の生産性及び品質向上への寄与できたのではないかと考える。

尚、本論文の結果が適用できる範囲については、以下の範囲であれば適用できると考える。ただし、各章において、その結果が適用できる範囲について述べた通り、保守プロジェクトにおける保守担当者の交代の有無の識別や、納期の達成程度及び増築のタイミングなどの情報についても合わせて必要となる。

- 1) 1.5.5項で述べた特徴を持つシステムであること
- 2) パッケージではないこと
- 3) 利用者が10人から30人程度であること

## 6.2 今後の課題

今後は、以下に示す課題を考察し研究を進めていく必要がある。

### 1) 一般化への提言

本論文では、企業 A の条件やデータに基づいた研究であり、これを他企業に照らし合わせて検討する必要がある。

### 2) 他企業への支援の適用

1)の具体的な方法として、本論文で提案した手法やモデルを他企業に適用し評価する必要がある。

### 3) 評価の定量化

本論文で得られた生産性及び品質向上については、定性的な評価もあるため、今後定量的な評価を行う必要がある、

などが挙げられる。

## 参考文献

- [1] 青山幹雄, 中谷多哉子:「ソフトウェアは開発の必須技術オブジェクト指向に強くなる」, 株式会社技術評論社, pp. 160-163 (2003)
- [2] 赤間世紀:「システム設計教科書:「分析」「設計」から「評価」「管理」まで」, 工学社, p. 15 (2011)
- [3] 鯉坂恒夫:「ソフトウェア工学入門」, 株式会社サイエンス社, pp. 47 (2008)
- [4] アラン・M.デービス, 高嶋優子 (翻訳):「成功する要求仕様 失敗する要求仕様」, 日経 BP 社, p. 2 (2008)
- [5] 稲田博志:“保守開発におけるナレッジ管理を用いた生産性向上施策”, IP-25 JGS 研究 2011 プロジェクト・チーム論文, pp. 1-5 (2011)
- [6] 井上真二, 山田茂:“デバッグ率を考慮したソフトウェアの最適リリース政策”, 平成 16 年度日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季発表会論文集, pp. 184-185 (2004)
- [7] 岩田昭男:「図解ソフトウェア業界ハンドブック」, 東洋経済新報社, pp. 78-82 (2002)
- [8] 岩谷誠治:「フローチャートでわかる SE 新人のための会計&業務の基礎知識」, 図書印刷株式会社, p. 42 (2006)
- [9] 植田泰士, 神谷年洋, 楠本真二, 井上克郎:“開発保守支援を目指したコードクローン分析環境”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 86, No. 12, pp. 863-871 (2003)
- [10] 大宮望, 山本久志, 大場允晶, 丸山友希夫, 中邨良樹:“開発プロジェクトの特徴からの問い合わせの発生傾向に関する研究 - 情報システムの保守工程の場合 -”, 平成 24 年度日本設備管理学会秋季研究発表大会論文集, pp. 135-136 (2012)
- [11] 大宮望, 山本久志, 大場允晶, 丸山友希夫, 中邨良樹:“情報システムにおける納期遅延プロジェクトが及ぼす保守工程への影響”, 平成 24 年度日本経営工学会春季研究発表大会論文集, pp. 50-51 (2012)
- [12] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫, 中邨良樹:“情報システムの保守工程における問い合わせの発生傾向の研究”, 日本経営工学会論文誌, Vol. 64, No. 1, 掲載決定 (2013)
- [13] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫, 中邨良樹:“情報システム保守工程の保守担当者交代における判定指標の提案”, 日本設備管理学会誌, Vol. 24, No. 2, pp. 42-48 (2012)
- [14] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫, 中邨良樹:“情報システム保守工程における保守担当者交代タイミング判定要因に関する研究 - 企業 A の場合 -”, 平成 23 年度日本設備管理学会秋季研究発表大会論文集, pp. 289-290 (2011)

- [15] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫, 中邨良樹: “納期遅延プロジェクトが及ぼす保守工程への影響 - 情報システムの場合 -”, 平成 23 年度経営情報学会秋季全国研究発表大会予稿集, CD-ROM (2011)
- [16] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫, 中邨良樹: “保守要員交代モデルの検討 - 情報システム開発の場合 -”, 平成 22 年度日本経営工学会春季研究発表大会論文集, pp. 102-103 (2010)
- [17] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫, 中邨良樹: “保守工程における問い合わせデータの分析 - 情報システム開発の場合 -”, 平成 21 年度日本経営工学会春季研究発表大会論文集, pp. 28-29 (2009)
- [18] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫, 疎秀人: “設計部品リポジトリを利用した開発支援システムの構築 - テスト工程の場合 -”, 経営情報学会誌, Vol. 18, No. 1, pp. 1-13 (2009)
- [19] 大宮望, 大場允晶, 山本久志, 丸山友希夫: “テスト工程に設計部品リポジトリを利用した開発支援システムの構築と評価 - 情報システム開発の場合 -”, 平成 20 年度日本経営工学会秋季研究発表大会論文集, pp. 118-119 (2008)
- [20] 大宮望, 大場允晶, 山本久志: “情報システム開発に設計部品を導入した開発支援システムの構築 - テスト工程適用の場合 -”, 平成 19 年度日本経営工学会秋季研究発表大会論文集, pp. 90-91 (2007)
- [21] 大宮望, 大場允晶, 山本久志: “情報システム開発における複数観点自動切り替えを利用したテスト工程支援システムの構築”, 平成 19 年度日本設備学会春季研究発表大会論文集, pp. 79-80 (2007)
- [22] 大宮望, 大場允晶, 山本久志: “情報システム開発における工程間継承情報を利用した開発支援システムの構築”, 平成 18 年度日本設備管理学会春季研究発表大会論文集, pp. 35-36 (2006)
- [23] 大宮望, 大場允晶, 山本久志: “情報システム開発における設計工程に自動化を導入した開発支援システムの構築”, 平成 18 年度日本経営工学会春季研究発表大会論文集, pp. 96-97 (2006)
- [24] 大宮望, 大場允晶, 山本久志: “工程間継承情報を利用した開発支援システムの構築 - 情報システム開発の場合 -”, 日本設備管理学会誌, Vol. 18, No. 1, pp. 17-23 (2006)
- [25] 岡村寛之, 安藤光昭, 土肥正: “表計算ソフトウェアによるソフトウェア信頼性評価ツール (SRATS) の開発”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 88, No. 2, pp. 205-214 (2005)
- [26] 小川秀人: “モデルベースドテストの技術動向と研究事例”, ソフトウェアシンポジウム 2007 東京, pp. 4-53 (2007)
- [27] 片岡雅憲: 「ソフトウェア再利用技術」, 株式会社日科技連出版社, p. 42 (1992)
- [28] 片岡雅憲: 「ソフトウェア・モデリング」, 株式会社日科技連出版社, p. 259 (1988)

- [29] 亀井靖高, 森崎修司, 門田暁人, 松本健一: “相関ルール分析とロジスティック回帰分析を組み合わせた fault-prone モジュール判別方法”, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 12, pp. 3954-3966 (2008)
- [30] カーマ・マックルーア, 三井銀行総合研究所 (翻訳): 「CASE」, 日経 BP 社, p. 18 (1990)
- [31] 経営情報研究会: 「図解でわかるソフトウェア開発の全て」, 株式会社日本実業出版社, pp. 286-287 (2008)
- [32] 経済産業省: “<http://www.meti.go.jp>” (2000-2008)
- [33] 経済産業省: “情報処理実態調査 平成 22 年調査関係資料”, 経済産業省 (2012)
- [34] ケイパーズ・ジョーンズ, 富野壽 (翻訳): 「ソフトウェア品質のガイドライン」, 共立出版株式会社, pp. 147-322 (1999)
- [35] 小林竜太郎: “既存システムの保守開発におけるテスト成果物再利用モデルの研究”, PM-09 平成 18 年度 JGS 研究プロジェクト・チーム論文, pp. 1-17 (2007)
- [36] 佐藤創: 「システム開発現場のプロジェクトマネジメント教科書」, 株式会社テレコムリサーチ, p. 3 (2008)
- [37] 島田達巳, 高原康彦: 「経営情報システム」, 株式会社日科技連出版社, p. 201 (1996)
- [38] 清水吉男: “JaSST’07 公演資料テストの質を上げるための要求仕様書”, 公演資料, p. 2 (2007)
- [39] 社団法人日本情報システム・ユーザ協会: 「企業 IT 動向調査 2009」, 社団法人日本情報システム・ユーザ協会, p. 132 (2008)
- [40] 社団法人日本情報システム・ユーザ協会: 「2.ソフトウェア開発管理基準に関する調査報告書 (ソフトウェアメトリックス調査)」, 社団法人日本情報システム・ユーザ協会, p. 132 (2010)
- [41] 情報処理学会: 「情報システムの計画と設計」, 株式会社培風館, p. 5 (1991)
- [42] 白砂堤津耶: 「初歩からの計量経済学」, 日本評論社 (1998)
- [43] 高橋政史: 「マインドマップ問題解決」, 株式会社ダイヤモンド社, pp. 120-124 (2009)
- [44] 高橋寿一, 湯本剛: 「ソフトウェアテスト手法」, 株式会社技術評論社, p. 110 (2006)
- [45] 高橋寿一: 「知識ゼロから学ぶソフトウェアテスト」, 株式会社翔泳社, pp. 192-197 (2006)
- [46] 多田彩乃: “属人化システムからの脱却”, IP-01 平成 20 年度 JGS 研究プロジェクト・チーム論文, pp. 1-17 (2008)
- [47] 田中茂典: 「実践 UML によるシステム開発」, 株式会社工学社, p. 3 (2006)
- [48] 玉井哲夫: 「ソフトウェア工学の基礎」, 株式会社岩波書店, pp. 1-15 (2004)
- [49] 坪根斉: 「生産管理システム入門」, 工学図書株式会社, pp. 5-19 (2000)

- [50] 寺野寿郎：「システム工学入門」，共立出版株式会社，p. 253 (1992)
- [51] 独立行政法人情報処理推進機構ソフトウェア・エンジニアリング・センター：「定量的品質予測のススメ」，株式会社オーム社，p. 28 (2010)
- [52] 戸田航史，門田暁人，松本健一：“ソフトウェア開発工数予測のためのフィットデータ選定方法”，情報処理学会論文誌，Vol. 50, No. 11, pp. 2699-2709 (2009)
- [53] トニー・ブザン，クリス・グリフィス，神田昌典（翻訳）：「ザ・マインドマップ」，ダイヤモンド社 (2005)
- [54] トム・デマルコ，高梨智弘（翻訳），黒田純一（翻訳）：「構造化分析とシステム仕様 目指すシステムを明確にするモデル化技法」，日経 BP 社 (1994)
- [55] 中川隆広，金田重郎：“作業分析をベースにした業務システム設計法”，情報処理学会研究報告ソフトウェア工学研究会報告，Vol. 31, pp. 71-78 (2001)
- [56] 中田雅弘：“サービスレベルマネジメントによる IT サービスの品質保証”，平成 16 年度プロジェクトマネジメント学会春季発表会論文集，pp. 284-289 (2004)
- [57] 中邨良樹，大宮望，大場允晶，山本久志，丸山友希夫：“情報システムの増築判断時期とその費用に関する研究”，日本経営工学会論文誌，Vol. 63, No. 4, pp. 276-275 (2013)
- [58] 中邨良樹，大宮望，大場允晶，山本久志，丸山友希夫：“情報システムプロジェクトの基本データと保守データの関係性に関する研究”，平成 23 年度日本経営工学会春季研究発表大会論文集，pp. 218-219 (2011)
- [59] 永田靖：「入門統計解析法」，株式会社日科技連出版社，p. 15 (1999)
- [60] 日本ユニシス株式会社情報技術研究会：「システム開発の体系」，東京電気大学出版局 (1999)
- [61] 野口祐：「ソフトウェアの経営学」，有限会社森山書店，p. 162 (1990)
- [62] 早瀬康裕，今枝誉明，市井誠，松下誠，井上克郎：“潜在的意味解析手法を用いたソフトウェア変更情報のクラスタリング手法（テスト技法・保守技術）」，情報処理学会論文誌，Vol. 48, No. 10, pp. 3352-3356 (2007)
- [63] 早瀬康裕，松下誠，楠本真二，井上克郎，小林健一，吉野利明：“保守請負時を対象とした労力見積りのためのメトリクスの提案”，電子情報通信学会論文誌，Vol. 105, No. 491, pp. 61-66 (2005)
- [64] フレデリック・P.ブルックス・ジュニア，滝沢徹（翻訳），富沢昇（翻訳），牧野祐子（翻訳）：「人月の神話—狼人間を撃つ銀の弾はない」，株式会社ピアソン桐原 (2002)
- [65] プロジェクトマネジメント資格認定センタープラネット・ワーキンググループ：「めざせ！P2M プロジェクトマネジャー」，日本能率協会マネジメントセンター，p. 29 (2002)
- [66] 本間峰一，細貝隆，渡辺和宣，芳本一也，剣持訓司，佐藤知一，下道高志，中村

- 実：「SAP R/3 ハンドブック」，日本能率協会マネージメントセンター，p.4 (1997)
- [67] マイケル・J.A.ベリー，ゴードン・リノフ，江原淳（翻訳），佐藤栄作（翻訳）：「データマイニング手法—営業，マーケティング，カスタマーサポートのための顧客分析」，海文堂出版 (1999)
- [68] 増井和也，弘中茂樹，馬場辰男，松永真：「- ISO14764 による - ソフトウェア保守開発」，株式会社ソフトウェア・リサーチ・センター，p.31 (2007)
- [69] カーマ・マックルーア，ベスト CASE 研究グループ（翻訳）：「ソフトウェア開発と保守の戦略：リエンジニアリング・リポジトリ・再利用」，共立出版株式会社，pp.10-11 (1993)
- [70] 水田哲郎：「手戻りなしの要件定義実践マニュアル」，日経 BP 社，p.11 (2011)
- [71] 三觜武：「ソフトウェアの品質評価法」，株式会社日科技連出版社，p.259 (1981)
- [72] 山田茂：「ソフトウェア信頼性モデル」，株式会社日科技連出版社，p.35 (2006)
- [73] 横田明紀，安田一彦：「企業情報システム運用における保守活動の分析」，経営情報学会誌，Vol. 19, No. 1, pp.33-50 (2010)
- [74] 横田隆夫：「ソフトウェア保守環境の調査と改善事例」，プロジェクトマネジメント学会誌，Vol. 5, No. 2, pp.40-44 (2003)
- [75] 吉田正夫：「ソフトウェア取引の契約ハンドブック」，共立出版株式会社，pp.88-90 (2002)
- [76] 吉村康史，坪倉徹哉，宮島雄司，平野恒義，大里有生：「ロジスティック累積曲線を用いたプラント建設の進捗状態推定法」，日本経営工学会論文誌，Vol. 54, No. 4, pp.236-244 (2003)
- [77] 読売新聞：「東京三菱銀・UFJ 銀 合併延期 難航するシステム統合」，2005/10/12 (2005)
- [78] 読売新聞：「システム開発 富士通の責任は？」，2005/10/12 (2005)
- [79] リック・D.クレイグ，ステファン・P.ヤスキル，成田光彰（翻訳），宗雅彦（翻訳）：「体系的ソフトウェアテスト入門」，日経 BP 社，p.122 (2004)
- [80] 林坂弘一郎，土肥正：「ソフトウェア開発プロジェクトにおける最適テスト/保守設計（信頼性，保全性，安全性）」，電子情報通信学会論文誌，Vol. 88, No. 8, pp.953-961 (2005)
- [81] 林坂弘一郎，三道弘明：「ソフトウェア保守サービス契約に関する一考察」，電子情報通信学会論文誌，Vol. 82, No. 12, pp.1819-1828 (1999)
- [82] ロバート・L.グラス，山浦恒央（翻訳）：「ソフトウェア開発 55 の真実と 10 のウソ」，日経 BP 社 (2004)
- [83] ジェフ・カツツ，浦昭二（翻訳），神沼靖子（翻訳），槻木公一（翻訳），松谷泰行（翻訳）：「情報システムの分析と設計：SSADM とその実践」，株式会社培風館，p.48 (1995)

- [84] 渡邊安夫：「システム開発を見える化するマインドマップ—6つのケーススタディから学ぶ応用例」, 株式会社オーム社 (2008)
- [85] 渡邊一衛, 武岡一成：「生産管理プランニング」, 株式会社社会保険研究所, p. 190 (1992)
- [86] Barry W. Boehm and Phillip N. Papaccio : “Understanding and Controlling Software Cost”, *IEEE Transaction on Software Engineering*, Vol. 4, No. 10, pp. 1462-1539 (1988)
- [87] Barry W. Boehm, Maria H. Penedo, E. Don Stuckle, Robert D. Williams and Arthur B. Pyster : “Structured Programming a Quantitative Assessment”, *IEEE Computer*, Vol. 17, No. 6, pp. 30-42 (1984)
- [88] Endres Albert : “An Analysis of Errors and Their Causes in System Programs”, *IEEE Transaction on Software Engineering*, Vol. 1, No. 2, pp. 140-189 (1975)
- [89] Fatemeh M. Zahedi and Noushin Ashrafi : “Software Reliability Allocation Based on Structure, Utility, Price and Cost”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 17, No. 4, pp. 345-346 (1991)
- [90] Frederick P. Brooks jr : “No Silver Bullet Essence and Accidents of Software Engineering”, *IEEE Computer*, Vol. 20, No. 4, pp. 10-19 (1987)
- [91] Ian H. Witten and Eibe Frank : Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques, *Morgan Kaufman Publishers*, pp. 1-3 (2005)
- [92] Masaaki Ohba, Nozomi Oomiya, Hisashi Yamamoto, Shinji Kobayashi and Mitsumasa Sugawara : “Construction of Development Support System Based on Automation of Design Processes in the Information System Development”, *The Proceedings of the 19th International Conference on Production Research*, CD-ROM (2007)
- [93] Meir M. Lehman : “Software Engineering , the Software Process and Their Support”, *Software Engineering Journal*, Vol. 6, No. 5, pp. 243-301 (1991)
- [94] Nozomi Oomiya, Hisashi Yamamoto, Masaaki Ohba, Yukio Maruyama and Yoshiki Nakamura : “Analysis of Inquiry Data in Maintenance Process Using the True Maintenance Work for Information System Development Maker - a Case Study -”, *The Proceedings of the 11th International conference on Industrial management*, pp. 544-550 (2012)
- [95] Nozomi Oomiya, Masaaki Ohba, Hisashi Yamamoto, Yukio Maruyama and Yoshiki Nakamura : “Analysis of Inquiry Data in the Maintenance Process - the Case of Information System -”, *The Proceedings of the 10th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference*, pp. 1396-1401 (2009)
- [96] Nozomi Oomiya, Masaaki Ohba, Hisashi Yamamoto, Yukio Maruyama and Hideto Ren : “Construction and Evaluation of Development Support System Based on Design Component Repository - the Case of Test Process -”, *The Proceedings*

- of the 9th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference, pp. 1781-1788 (2008)
- [97] Nozomi Oomiya, Masaaki Ohba and Hisashi Yamamoto : “Construction of Development Support System Based on Succession Information between Processes - The Case of Information System Development -”, *The Proceedings of the 11th International Symposium on Logistics*, pp. 222-228 (2006)
- [98] Robyn R.Lutz : “Analysis Software Requirements Error in Safety-Critical Embedded System”, *The Proceedings of IEEE Requirements Engineering*, pp. 126-159 (1993)
- [99] Sarah Beecham, Tracy Hall and Austen Rainer : “Requirement Problem is Twelve Software Companies”, *The Proceedings of IEEE Software*, Vol. 149, No. 5, pp. 153-213 (2002)
- [100] Tron Foss, Erik Stensrud, Barbara Kitchenham and Ingunn Myrtveit : “A Simulation Study of the Model Evaluation Criterion MMRE”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 29, No. 11, pp. 985-995 (2003)
- [101] Yong Tan and Vijay S.Mookerjee : “Comparing Uniform and Flexible Policies for Software Maintenance and Replacement”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 31, No. 3, pp. 238-256 (2005)
- [102] Yoshiki Nakamura, Nozomi Oomiya, Masaaki Ohba, Hisashi Yamamoto and Yukio Maruyama : “Development of the Simulation for Taking Over Process in the Software Maintenance”, *The Proceedings of the 40th International Conference on Computers and Industrial Engineering*, CD-ROM (2010)

## 謝 辞

本論文を作成するまでの約七年間、知識不足の筆者に対し、何度も何度も根気強くご指導を頂きました首都大学東京大学院システムデザイン研究科 教授 山本久志博士に感謝いたします。

本論文の査読を通して貴重なご指導をいただきました同大学システムデザイン研究科 教授 梶原康博博士、同大学システムデザイン研究科 准教授 増田士朗博士、群馬大学大学院工学研究科 教授 関 庸一博士の諸先生方に感謝いたします。

本論文について約七年間研究でご一緒させて頂きました、日本大学経済学部 大場允晶博士、同大学 中邨良樹博士、沖縄国際大学産業情報学部 准教授 丸山友希夫博士に感謝いたします。これに加えて、研究者の道に入るために必要となる前提条件がない筆者に対して、道を開き、ここまで導いて下さった、元上司であり、日本大学経済学部 大場允晶博士には、重ね重ね感謝いたします。

さらに、社会人である筆者がこのような結果を残せたことは、様々な面でご配慮、ご支援くださったコニカミノルタ情報システム（株）の諸先輩方および部下のおかげであります。ここに感謝いたします。

最後に、このような業績を残せたことは、筆者とご縁のあった、森羅万象のおかげであります。ここに深く感謝します。

